
DIPLOMARBEIT

Herr
Ing. Hubert Höll

**Neugestaltung der
Endmontage im Liebherr –
Werk Bischofshofen**

Abtenau, 2016

DIPLOMARBEIT

Neugestaltung der Endmontage im Liebherr - Werk Bischofshofen

Autor:

Herr

Ing. Hubert Höll

Studiengang:

Wirtschaftsingenieurwesen

Seminargruppe:

KW12wSA-F

Erstprüfer:

Prof. Dr. Dr. Hartmut Lindner

Zweitprüfer:

Prof. Dr. Johannes N. Stelling

Einreichung:

Mittweida, 26. Juli 2016

Verteidigung/Bewertung:

Salzburg, 2016

DIPLOMA THESIS

Redesigning the final assembly at Liebherr - Werk Bischofshofen

author:

Mr.

Ing. Hubert Höll

course of studies:

Industrial Engineering

seminar group:

KW12wSA-F

first examiner:

Prof. Dr. Dr. Hartmut Lindner

second examiner:

Prof. Dr. Johannes N. Stelling

submission:

Mittweida, 26th of July 2016

defence/ evaluation:

Salzburg, 2016

Bibliografische Beschreibung:

Höll, Hubert:

Neugestaltung der Endmontage im Liebherr - Werk Bischofshofen - 2016 -
Seitenzahl der Verzeichnisse: 8, Seitenzahl des Inhalts: 94, Seitenzahl der
Anlagen: 17.

Mittweida, Hochschule Mittweida, Fakultät Wirtschaftsingenieurwesen, Diplom-
arbeit, 2016

Referat:

Ziel dieser Diplomarbeit ist es, die Produktionsstückzahlen von Radladern am Standort in Bischofshofen von 4000 Geräten pro Jahr auf 6050 Geräte zu steigern. Ein besonderes Augenmerk soll dabei auf die internen Abläufe und Prozesse gelegt werden. Durch die Umstellung von Montageprozessen und -abläufen soll die Montagestückzahl erhöht werden, bei gleichzeitiger Reduktion der Montagekosten. Dazu wurde diese Arbeit in mehrere Teilbereiche aufgeteilt. Zu Beginn erfolgt eine kurze Einführung in das Unternehmen und es werden die theoretischen Grundlagen, welche für die Problemlösung erforderlich sind, erläutert. Anschließend findet eine Analyse der Ist-Situation statt und es werden die Hauptprobleme im bestehenden Ablauf definiert. Für diese Probleme sollen verschiedene Lösungsvorschläge erarbeitet werden und das geeignetste Konzept bestimmt werden. Abschließend wird das ausgewählte Konzept ausgearbeitet und es wird die Kostenersparnis ermittelt.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	V
Abkürzungsverzeichnis	VII
1 Einleitung	1
1.1 <i>Problemstellung.....</i>	<i>1</i>
1.2 <i>Ziele der Diplomarbeit</i>	<i>2</i>
1.3 <i>Aufbau der Arbeit</i>	<i>3</i>
2 Firmengeschichte.....	5
2.1 <i>Das Unternehmen Liebherr</i>	<i>5</i>
2.2 <i>Das Unternehmen Liebherr Werk Bischofshofen GmbH.....</i>	<i>5</i>
2.3 <i>Kennzahlen</i>	<i>7</i>
3 Radladertechnologie.....	9
3.1 <i>Hauptbauteile eines Radladers</i>	<i>9</i>
3.2 <i>Antriebsarten für Radlader</i>	<i>10</i>
3.2.1 <i>Hydrostatischer Antrieb</i>	<i>11</i>
3.2.2 <i>Wandlergetriebe</i>	<i>12</i>
3.2.3 <i>CP-Getriebe</i>	<i>12</i>
4 Theoretische Grundlagen.....	13
4.1 <i>Prozesse im Unternehmen</i>	<i>13</i>
4.1.1 <i>Geschäftsprozesse.....</i>	<i>15</i>
4.1.2 <i>Prozessgestaltung.....</i>	<i>17</i>
4.1.3 <i>Prozessoptimierung.....</i>	<i>20</i>
4.2 <i>Methoden für die Beurteilung verschiedener Varianten.....</i>	<i>24</i>
4.2.1 <i>Struktur und Merkmale des Entscheidungsprozesses.....</i>	<i>24</i>
4.2.2 <i>Intuitive Methoden</i>	<i>27</i>
4.2.3 <i>Formalisierte Methoden.....</i>	<i>29</i>
4.2.4 <i>Dialektische Methoden</i>	<i>34</i>

4.3	<i>Produktionsplanung</i>	35
4.3.1	<i>Produktionstypen</i>	35
4.3.2	<i>Termin- und Kapazitätsplanung</i>	39
4.3.3	<i>Layout</i>	44
5	Analyse der Ist-Situation	47
5.1	<i>Aktuelles Montagelayout und Montageablauf</i>	47
5.2	<i>Darstellung der aktuellen Durchlaufzeit</i>	52
5.3	<i>Probleme im aktuellen Montageprozess</i>	53
6	Mögliche Montagekonzepte und Vormontagen	57
6.1	<i>Einlinienmontage</i>	57
6.2	<i>Zweiliniemontage mit gemeinsamen Vormontagen</i>	58
6.3	<i>Liniennahe Vormontagen</i>	59
6.4	<i>Mehrstufige Vormontagen</i>	60
6.5	<i>Vierlinienmontage</i>	61
6.6	<i>Mögliche Vormontagen</i>	61
7	Nutzwertanalyse	65
7.1	<i>Bestimmung der Zielkriterien</i>	65
7.2	<i>Ermittlung der Kriteriengewichtung</i>	67
7.3	<i>Durchführung und Ergebnis der Nutzwertanalyse</i>	68
8	Layoutgestaltung	71
8.1	<i>Neuer Montageablauf und Durchlaufzeit</i>	71
8.2	<i>Einsparungen durch den neuen Ablauf</i>	77
8.2.1	<i>Einsparungen Compactgeräte</i>	77
8.2.2	<i>Einsparungen Stereogeräte</i>	78
8.2.3	<i>Einsparungen Mittelgeräte</i>	78
8.2.4	<i>Einsparungen Großgeräte</i>	78
8.2.5	<i>Einsparungen pro Jahr</i>	79
8.3	<i>Ermittlung Taktanzahl und Standarbeitsplätze VM</i>	79
8.3.1	<i>Compactgeräte</i>	79
8.3.2	<i>Stereogeräte</i>	81
8.3.3	<i>Mittelgeräte</i>	84
8.3.4	<i>Großgeräte</i>	86
8.4	<i>Darstellung des neuen Block Layouts</i>	89

9	Schlussbetrachtung.....	91
9.1	<i>Ergebnisse</i>	<i>91</i>
9.2	<i>Maßnahmen</i>	<i>92</i>
9.3	<i>Konsequenzen</i>	<i>94</i>
Index	95
Literaturverzeichnis	97
Anlagen	99
Anlagen, Teil 1: aktuelles Montagelayout	I
Anlagen, Teil 2: Durchlaufzeiten	III
Anlagen, Teil 3: Abmessungen Radlader	IX
Anlagen, Teil 4: Prinzipskizzen der VM	XI
Anlagen, Teil 5: Neues Blocklayout	XVII
Selbstständigkeitserklärung	XXI

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Produktpalette Liebherr Radlader	6
Abbildung 2: Umsatz Liebherr, aufgeteilt nach Sparten.....	7
Abbildung 3: Hauptbestandteile eines Radladers	10
Abbildung 4: Hydrostatischer Antrieb	11
Abbildung 5: Aktuelles Montagehallenlayout	47
Abbildung 6: IST-Durchlaufzeit Großgeräte.....	52
Abbildung 7: Prinzipskizze Einlinienmontage	57
Abbildung 8: Prinzipskizze Zweiliniemontage mit gemeinsamen Vormontagen...	58
Abbildung 9: Prinzipskizze Liniennahe Vormontagen.....	59
Abbildung 10: Prinzipskizze mehrstufige Vormontagen.....	60
Abbildung 11: Prinzipskizze Vierlinienmontage	61
Abbildung 12: Paarvergleichsmatrix für Zielkriterien.....	67
Abbildung 13: Nutzwertanalyse	68
Abbildung 14: DLZ Reduktion durch parallele VM	70
Abbildung 15: Neue Durchlaufzeit der Großgeräte.....	74
Abbildung 16: Neues Blocklayout.....	89

Abkürzungsverzeichnis

AT	Arbeitstage
bzw.	beziehungsweise
C	Compactlader
ca.	circa
CP	continuous power
EKO	Endkontrolle
EMT	Earthmoving Technologie
ERP	Enterprise ressource planning
ges.	gesamt
GG	Großgerät
HG	Hubgerüst
Hrsg.	Herausgeber
HW	Hinterwagen
IL	Intralogistik
IZ	Interner Zulieferer
KG	Kleingerät
KVP	kontinuierlicher Verbesserungsprozess
LBH	Liebherr Werk Bischofshofen
LKW	Lastkraftwagen

LMMS	Liebherr multi Messsystem
MA	Mitarbeiter
MG	Mittelgerät
min	Minuten
MONI	Montageinformationssystem
o. S.	ohne Seitenangabe
PDCA	Problemlösungskreislauf
Pos.	Position
QS	Qualitätssicherung
ST	Stereogeräte
t	Tonnen
TCT	Total Cycle Time
Vgl.	Vergleiche
VM	Vormontage
VW	Vorderwagen
VSD	Versandabteilung
WZ	Wartezeit
z. B.	zum Beispiel
ZSA	Zentralschmieranlage

1 Einleitung

In diesem Kapitel werden die Problemstellung, die Ziele und das methodische Vorgehen näher erläutert.

1.1 Problemstellung

Da durch einen stetigen Zugewinn von Marktanteilen in bestehenden Absatzmärkten, der Erschließung neuer Märkte und einer zusätzlichen Erstausrüster Partnerschaft mit einem Landmaschinenhersteller die geforderte Produktionsstückzahl von Radladern kontinuierlich steigt, stößt das Montagewerk in Bischofshofen zunehmend an seine Kapazitätsgrenzen. Aktuell liegt die maximal mögliche Montagekapazität bei 4000 Geräten pro Jahr. Um die zukünftige Nachfrage an Liebherr Radladern und unserer Erstausrüsterpartner zu bedienen, soll die Montagekapazität auf 6050 Geräte erhöht werden.

Durch den Zukauf eines an das bestehende Werksgelände anliegenden Grundstückes, der Errichtung eines neuen Sozial- und Verwaltungsgebäude und dem Abriss der alten Gebäude, wurden am Werksgelände Flächen für eine mögliche Erweiterung der Endmontagehalle frei.

Zusätzlich zu den steigenden Produktionsstückzahlen werden von den Kunden immer kürzere Lieferzeiten bei gleichzeitig größtmöglicher Änderungsflexibilität gefordert. Da Liebherr im Radladersegment ein eher kleiner Hersteller ist, hat die Erfüllung von Kundenwünschen oberste Priorität, um unsere Marktanteile zu sichern und weiter auszubauen. Durch diese kundenorientierte Vertriebsstrategie ergibt sich jedoch für die Endmontage das Problem, dass nahezu jedes Gerät eine unterschiedliche Ausführung aufweist. Durch den großen zeitlichen Unterschied in der Montage der einzelnen Optionen ergibt sich das Problem, dass die Montage auf der Linie nicht gleichmäßig erfolgen kann und für die Glättung der optionslastigen Takte sogenannte Leertakte am Band hinter zeitintensiven Arbeitsplätzen eingerichtet sind. Durch diese Leertakte entsteht eine große Ineffizienz auf der Linie, da Geräte mit einer geringeren Optionsanzahl ebenfalls diese Takte durchlaufen müssen, jedoch nicht bearbeitet werden.

1.2 Ziele der Diplomarbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, mehrere mögliche Montagekonzepte für die zukünftige Endmontage im Montagewerk Liebherr Bischofshofen zu erarbeiten und den erforderlichen Flächenbedarf für das ausgewählte Montagekonzept zu ermitteln.

Bei der Montagekonzepterstellung soll ein besonderes Augenmerk darauf gelegt werden, dass die Montage der Geräte auf der Montagelinie gleichmäßiger verläuft und ineffiziente Leertakte und Pufferplätze vermieden werden können. Um eine gleichmäßigere Taktzeit auf der Montagelinie zu gewährleisten, sollen jene Arbeitsplätze mit den größten Schwankungen in der Montagezeit ermittelt werden. Um eine Glättung der Montagezeit an der Linie zu erreichen, werden für diese Arbeitsplätze mögliche Vormontagen ermittelt.

Anschließend werden die einzelnen Montagekonzepte mithilfe der Nutzwertanalyse bewertet, um das optimale Montagekonzept für den Standort Bischofshofen zu ermitteln. Um zu gewährleisten, dass alle Abläufe im neuen Montagekonzept berücksichtigt und effizient gestaltet werden, soll die Bewertung der einzelnen Konzepte durch eine Gruppe, bestehend aus allen betroffenen Abteilungen wie Intralogistik, Montage und Arbeitsorganisation, erfolgen.

Um einen zukünftigen Generalbebauungsplan für das Werksgelände in Bischofshofen erstellen zu können, muss für das ausgewählte Montagekonzept die benötigte Fläche ermittelt werden. Neben den Flächen für die Montagelinien und Materialbereitstellungsflächen sollen hier auch Flächen für mögliche Vormontagen berücksichtigt werden.

Für das ausgewählte Montagekonzept soll mithilfe der ermittelten Flächen ein Blocklayout erstellt werden, wobei jedoch auf die realen Gegebenheiten der bestehenden Montagehalle Rücksicht genommen werden muss. Falls Erweiterungen der bestehenden Montagehalle oder Neubauten von Hallen erforderlich sind, kann das Blocklayout dort als Idealplanung erfolgen.

Die gewonnenen Erkenntnisse dieser Arbeit sollen der Bauabteilung als Grundlage für die Neuplanung des Generalbebauungsplanes und der Realplanung der zukünftigen Montagehallen dienen.

1.3 Aufbau der Arbeit

Zu Beginn dieser Arbeit wird kurz die Problemstellung erläutert und anhand dieser die Zielsetzung abgeleitet und definiert.

In Kapitel 2 wird die Geschichte des Unternehmens Liebherr und des Liebherr Werks Bischofshofen beschrieben und ein kurzer Überblick über die Umsatzentwicklung gegeben. Das dritte Kapitel befasst sich mit den Hauptbauteilen von Radladern und findet seinen Abschluss mit der Erklärung der verschiedenen Antriebsarten von Radladern.

Das vierte Kapitel befasst sich mit den theoretischen Grundlagen von Prozessen im Unternehmen, den verschiedenen Methoden für die Beurteilung von Varianten und der Produktionsplanung. In diesem Kapitel soll das erforderliche Wissen für den praktischen Teil dieser Arbeit vermittelt werden.

Im fünften Kapitel erfolgt eine Analyse der derzeitigen Ist-Situation. Dazu wird neben dem derzeitigen Montagelayout und Montageablauf auch die aktuelle Durchlaufzeit betrachtet. Anhand dieser Untersuchung sollen in Abschnitt 5.3. mögliche Schwachstellen und Ineffizienzen im Montageablauf aufgezeigt werden. Kapitel sechs zeigt mögliche Montagekonzepte und Vormontagen um eine gleichmäßigere Montage zu gewährleisten.

Kapitel 7 befasst sich mit der Auswahl des zukünftigen Montagekonzepts mithilfe der Nutzwertanalyse. Dazu sollen die wichtigsten Kriterien ermittelt werden, welche vom zukünftigen Montagekonzept erfüllt werden müssen. Die einzelnen Kriterien sollen nach Relevanz gewichtet werden, um anschließend die Nutzwertanalyse mit allen betroffenen Abteilungen durchzuführen. In weiterer Folge werden in Kapitel 8 der benötigte Flächenbedarf für das ausgewählte Montagekonzept ermittelt und als Blocklayout dargestellt. Ebenso wird der neue Montageablauf, welcher sich durch die gewonnenen Erkenntnisse in dieser Arbeit ergeben hat, dargestellt und die daraus resultierende Kosteneinsparung ermittelt.

In Kapitel 9 werden die Ergebnisse zusammengefasst und die erforderlichen Maßnahmen erläutert. Den Abschluss dieser Arbeit bildet der Punkt 9.3 in welchen die Konsequenzen dieser Arbeit angeführt werden.

2 Firmengeschichte

Um einen Überblick über die Geschichte der Firma Liebherr und des Liebherr Werks Bischofshofen zu erhalten, wird in diesem Kapitel kurz auf die Entstehung und Entwicklung der Unternehmen eingegangen.

2.1 Das Unternehmen Liebherr






Das Unternehmen Liebherr wurde 1949 von Hans Liebherr, einem gelernten Baumeister, unter dem Namen „Hans Liebherr Maschinenfabrik“ in Kirchdorf an der Iller gegründet. Das erste Patent, ein fahrbarer Turmdrehkran, wurde unter Mithilfe eines Konstrukteurs und einiger Schlosser entwickelt und gefertigt. Der erste Turmdrehkran konnte innerhalb von 2-3 Stunden auf Baustellen montiert und eingesetzt werden, wodurch eine erhebliche Zeitersparnis gegenüber den zur damaligen Zeit eingesetzten Kranen, deren Aufbau mehrere Tage in Anspruch nahm, erzielt werden konnte. Nach dem großen Erfolg dieser Maschine wurden nach und nach neue Geräte für die Bauwirtschaft entwickelt und gefertigt. Die Firma Liebherr ist eine Aktiengesellschaft, welche sich in neun Sparten aufteilt. Die Aktienanteile befinden sich zu 100 Prozent in Familienbesitz. Derzeit wird die Unternehmensleitung von der zweiten auf die dritte Generation übertragen. Weltweit werden in über 132 Gesellschaften 42000 Mitarbeiter beschäftigt.¹






2.2 Das Unternehmen Liebherr Werk Bischofshofen GmbH

Die „Liebherr Werk Bischofshofen GmbH“ wurde 1960 als erstes Liebherr Werk in Österreich gegründet. Das erste gefertigte Produkt am Standort in Bischofshofen war der Turmdrehkran. Nachdem die Produktion des Turmdrehkrans nach Pamplona ausgelagert wurde, wurde das Werk in Bischofshofen zum Kompetenzzentrum für Radlader ausgebaut. Aktuell werden in Bischofshofen

¹ Vgl. Lanner (2016) o. S.

15 unterschiedliche Maschinen für den europäischen Markt entwickelt und produziert. Als Kompetenzzentrum ist man ebenfalls für die Entwicklung der Geräte, welche in den Schwesterwerken in China und Brasilien produziert werden, zuständig. In nachfolgender Abbildung ist die Produktpalette ersichtlich, welche im Liebherr Werk Bischofshofen entwickelt und produziert werden:²

Radlader						
		L 506 Compact	L 507 Stereo	L 508 Compact	L 509 Stereo	L 514 Stereo
Kipplast	kg	3.450	3.712	3.850	4.430	5.680
Schaufelinhalt	m ³	0,8	0,9	1,0	1,2	1,5
Einsatzgewicht	kg	5.180	5.470	5.600	6.390	8.350
Motorleistung	kW/PS	46/63	50/68	50/68	54/73	77/105

Radlader						
		L 524	L 528	L 538	L 542	L 550 XPower®
Kipplast	kg	7.500	8.500	9.500	10.200	12.200
Schaufelinhalt	m ³	2,1	2,3	2,6	2,8	3,2
Einsatzgewicht	kg	10.400	10.900	12.800	13.400	17.700
Motorleistung	kW/PS	90/122	100/136	115/156	120/163	140/191






Radlader						
		L 556 XPower®	L 566 XPower®	L 576 XPower®	L 580 XPower®	L 586 XPower®
Kipplast	kg	13.700	15.900	17.600	19.200	21.600
Schaufelinhalt	m ³	3,6	4,2	4,7	5,2	6,0
Einsatzgewicht	kg	18.400	23.900	25.700	27.650	32.600
Motorleistung	kW/PS	165/224	200/272	215/292	230/313	260/354

Abbildung 1: Produktpalette Liebherr Radlader³

Um Entwicklungskosten einzusparen und die Montage der Geräte einfacher planen zu können, sind die Geräte in Plattformen gegliedert, welche sich nur geringfügig voneinander unterscheiden. Meist besteht dieser Unterschied nur in der Länge und dem Gewicht der Ballaste der Geräte, woraus sich eine höhere Kipplast und ein höheres Einsatzgewicht der unterschiedlichen Gerätetypen ergeben. Die einzelnen Plattformen sind die Compactgeräte, bestehend aus L506 und L508, die Stereogeräte, bestehend aus L507, L509 und L514, die Mittelgeräte (MG), bestehend aus L524, L528, L538 und L542, und die Großgeräte (GG), welche die Geräte von L550 bis L586 umfassen.

In unseren Schwesterwerken in China und Brasilien wird nicht die gesamte Produktpalette produziert, sondern nur der L538, L550 und der L580. Diese

² Vgl. Lanner (2016) o. S.

³ Abbildung entnommen aus Lanner (2016) o. S.

Geräte sind speziell für die Anforderungen in diesen Ländern entwickelt worden. Der markanteste Unterschied zu den in Bischofshofen gefertigten Geräten besteht in der Abgasstufe, da in diesen Ländern ein höherer Abgasausstoß erlaubt ist.

2.3 Kennzahlen

In nachfolgender Abbildung ist der Gesamtumsatz, aufgeteilt auf die einzelnen Sparten des Unternehmens Liebherr, ersichtlich:

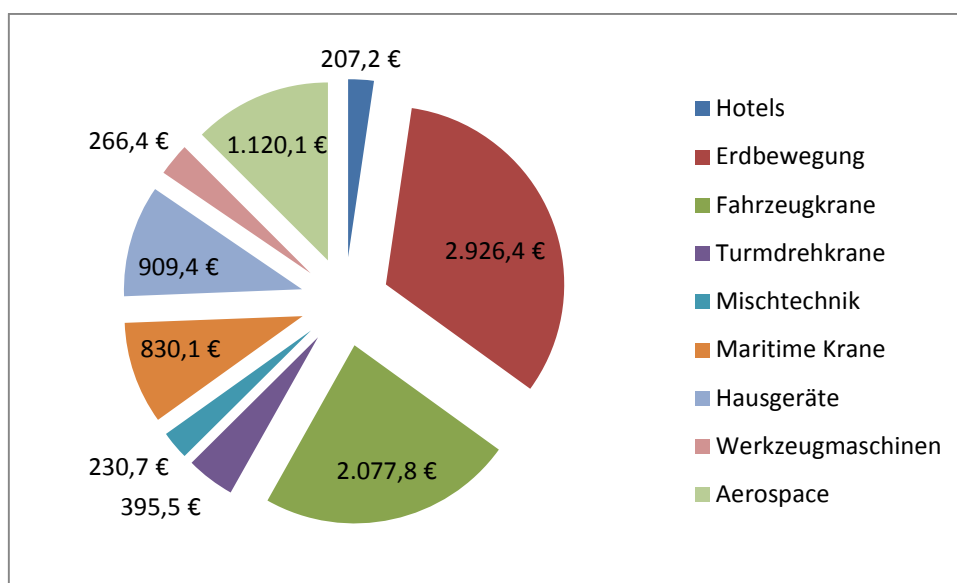


Abbildung 2: Umsatz Liebherr, aufgeteilt nach Sparten⁴

Das Unternehmen erwirtschaftet in den 9 Sparten mit seinen ca. 42000 Mitarbeitern einen Umsatz von ca. 9 Milliarden Euro. Das Liebherr Werk Bischofshofen ist in der Sparte Erdbewegung (EMT) eingegliedert und erwirtschaftet mit ca. 1000 Mitarbeitern einen Jahresumsatz von ca. 400 Millionen Euro.

⁴ Eigene Darstellung Vgl. Lanner (2016) o. S.

3 Radladertechnologie

Kapitel 3 erläutert die vom Markt geforderten Anforderungen an einen Radlader und stellt die wichtigsten Bestandteile für die Erfüllung dieser dar. Ebenfalls werden verschiedene Antriebsarten für Radlader mit ihren Vor- und Nachteilen dargestellt.

3.1 Hauptbauteile eines Radladers

Die wesentlichen Anforderungen an einen Radlader werden durch eine hohe Kipplast und ein geringes Einsatzgewicht bestimmt, wobei eine hohe Robustheit, bestmögliche Rundumsicht und ein hoher Fahrkomfort vorausgesetzt wird. Um eine hohe Kipplast bei geringem Einsatzgewicht zu erreichen wird der Motor, welcher ein hohes Gewicht aufweist, bei Liebherr-Geräten am hinteren Ende des Hinterwagens montiert, wodurch Ballaste mit einem geringeren Gewicht montiert werden können. Dadurch sinkt neben dem Einsatzgewicht auch der Spritverbrauch. Um die geforderte Robustheit der einzelnen Komponenten zu gewährleisten, arbeitet Liebherr eng mit seinen Lieferanten in der Entwicklung zusammen. Die wichtigsten Kaufteile, welche eine hohe Standfestigkeit aufweisen müssen, sind die Achsen, siehe nachfolgende Abbildung 3 auf Pos. 4.1 und Pos. 4.2, das Getriebe, Abbildung 3 auf Pos. 2, und der Dieselmotor, Abbildung 3 Pos. 3. Der Radlader besteht aus ca. 85-90 Prozent Einkaufsteilen, wo Liebherr das Know-how seiner Lieferanten nutzt, einzig der Stahlbau der Hauptkomponenten, wie des Hubgerüstes, Abbildung 3 Pos. 6, des Vorderwagens, Abbildung 3 Pos. 5, und des Hinterwagens, Abbildung 3 Pos. 7, werden von Liebherr selbst entwickelt und gefertigt. Um dem Radladerfahrer eine bestmögliche Rundumsicht zu garantieren ist die Kabine rundum verglast. Der größtmögliche Fahrkomfort wird neben einer geräumigen Kabine durch die optimale Abstimmung von Motor, Getriebe und Achsen erreicht, welche durch das Mitwirken von Liebherr in der Entwicklung dieser Komponenten erreicht wird. Neben den Hardware-Komponenten wird bei Liebherr auch die Software für den Betrieb der Geräte selbst entwickelt und programmiert. Dadurch kann der Fahrkomfort und die Standfestigkeit der Radlader weiter erhöht werden, da durch

die Software eine optimale Übertragung der Leistung des Dieselmotors auf die Achsen gewährleistet wird und es zu keiner Überbeanspruchung kommen kann. In nachfolgender Abbildung sind die Hauptbauteile eines Radladers in einer Explosionszeichnung abgebildet:

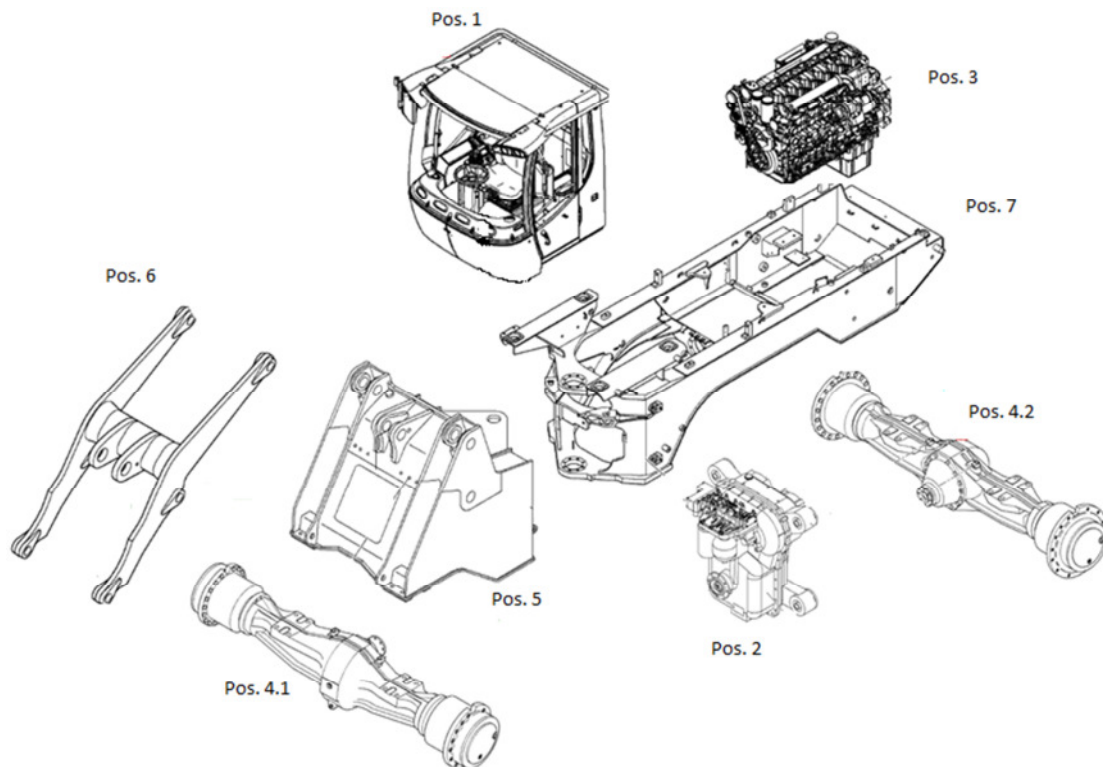


Abbildung 3: Hauptbestandteile eines Radladers⁵

3.2 Antriebsarten für Radlader

Für die Kraftübertragung des Dieselmotors gibt es bei Radladern unterschiedliche Konzepte. Die drei häufigsten Antriebsarten sind der hydrostatische Antrieb, ein Wandlergetriebe und ein continuous power (CP-) Getriebe. Nachfolgend werden diese drei Antriebsarten kurz erklärt und die Vor- und Nachteile genannt.

⁵ Abbildung entnommen aus Lanner (2016) o. S.

3.2.1 Hydrostatischer Antrieb

Beim hydrostatischen Antrieb wird durch den Dieselmotor eine Verstellpumpe angetrieben, welche einen Öldruck erzeugt. Mittels dieses Öldrucks werden zwei an einem Getriebe angebrachte Verstellmotoren angetrieben. Je nach Kraftbedarf und Geschwindigkeit des Radladers sind entweder beide Verstellmotoren eingekuppelt, oder nur einer der Beiden. Im ersten Gang, wo ein großer Kraftbedarf und eine geringe Geschwindigkeit vorliegt, sind beide Motoren eingekuppelt, steigt die Geschwindigkeit kuppelt der Verstellmotor 2 aus. Beim Schalten vom zweiten auf den dritten Gang kuppelt Verstellmotor 2, kurz bevor Verstellmotor 1 auskuppelt, ein. Durch diese Schaltvorgänge wird ein unterbrechungsfreies Schalten erreicht. Der hydrostatische Antrieb hat den Vorteil, dass er bei geringen Geschwindigkeiten einen geringen Kraftstoffverbrauch und ein großes Kraftangebot aufweist. Dieser Vorteil zeigt sich am besten beim sogenannten Normtest, welcher aus Materialaufnahme im Haufwerk, zurücksetzen und dem Auskippen des Materials in einen LKW bzw. Brecher besteht. Der größte Nachteil dieses Antriebs ist der hohe Kraftstoffverbrauch bei hohen Geschwindigkeiten und auf Langstrecken, da der Motor immer mit einer hohen Leistung betrieben werden muss, um den Öldruck aufrecht erhalten zu können.⁶ In nachfolgender Abbildung ist der prinzipielle Aufbau eines hydrostatischen Antriebs ersichtlich:

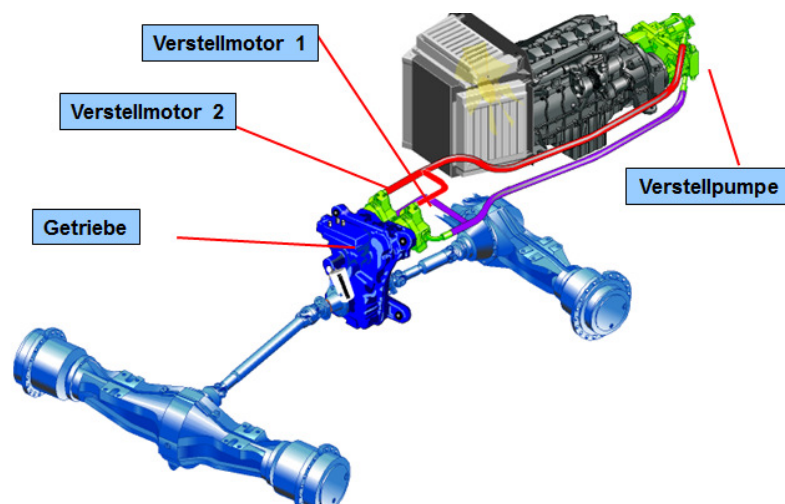


Abbildung 4: Hydrostatischer Antrieb⁷

⁶ Vgl. Lanner (2016) o. S.

⁷ Abbildung entnommen aus Lanner (2016) o. S.

3.2.2 Wandlergetriebe

Wird der Radlader mit einem Wandlergetriebe betrieben, ist der Dieselmotor über Wellen direkt mit dem Getriebe verbunden. Im Getriebe werden mithilfe von mehreren Kupplungen die einzelnen Fahrgänge eingelegt. Ein unterbrechungsfreies Schalten wird hierbei ebenfalls durch überlappendes Ein- und Auskuppeln erreicht. Vorteile gegenüber dem hydrostatischen Antrieb weist das Wandlergetriebe bei hohen Geschwindigkeiten und langen Transportwegen hinsichtlich des Spritverbrauches auf, und es ist kostengünstiger als der hydrostatische Antrieb, da keine Verstellpumpen und -motoren erforderlich sind. Der größte Nachteil ist jedoch der erhöhte Spritverbrauch bei kurzen Lastspielen. Ebenfalls muss der Motor in der Flucht des Getriebes liegen, damit beide Komponenten über eine Welle verbunden werden können, wodurch man bei der Platzierung des Motors am Gerät eingeschränkt wird.⁸

3.2.3 CP-Getriebe

Das CP-Getriebe ist eine Kombination aus hydrostatischen Antrieb und Wandlergetriebe. Der Motor wird über eine Antriebswelle direkt mit dem Getriebe verbunden. Bei geringen Geschwindigkeiten und hohem Kraftbedarf wird das Gerät hydrostatisch angetrieben, steigt die Geschwindigkeit wird vollautomatisch auf das Wandlergetriebe umgeschaltet. Durch die Kombination dieser beiden Antriebsarten können die Vorteile beider genutzt werden, wodurch der Spritverbrauch weiter gesenkt werden kann. Jedoch entstehen hohe Kosten für das CP-Getriebe, da beide Antriebskonzepte vorhanden sind.⁹

⁸ Vgl. Lanner (2016) o. S.

⁹ Vgl. Lanner (2016) o. S.

4 Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel wird zu Beginn der Begriff Prozess beschrieben und die Aufgaben von Prozessen kurz erläutert. Danach wird kurz auf die wichtigsten Geschäftsprozesse, den Ablauf der Prozessgestaltung und die Prozessoptimierung eingegangen. In Punkt 4.2 werden verschiedene Methoden aufgelistet, womit Varianten beurteilt werden können. Den Abschluss bildet Punkt 4.3 in welchen auf den prinzipiellen Produktionsplanungsablauf eingegangen wird.

4.1 Prozesse im Unternehmen

„Ein Prozess ist die inhaltlich abgeschlossene, zeitliche und sachlogische Folge von Aktivitäten, die zur Bearbeitung eines betriebswirtschaftlich relevanten Objektes notwendig sind.“¹⁰

Damit ein Unternehmen langfristig erfolgreich sein kann, müssen Ziele definiert werden, die auf alle Bedürfnisse der einzelnen Interessenpartner, wie Kunden, Lieferanten, Mitarbeiter und Eigentümer, abgestimmt sind. Um diese Ziele konsequent und effizient umsetzen zu können, müssen die Abläufe klar geregelt sein, um Probleme in der Zusammenarbeit zwischen einzelnen Bereichen beziehungsweise Abteilungen so minimal wie möglich zu halten. Hauptaufgabe von Prozessen ist es, die Handlungen aller beteiligten Personen an einer Ablaufkette zu koordinieren und klar zu definieren. Dabei ist darauf zu achten, dass die Prozesse entsprechend gestaltet sind, damit die vom Unternehmen vorgegebenen Ziele effizient erreicht werden können.¹¹

Jeder Prozess erzeugt ein Ergebnis, für das es mindestens einen internen oder externen Kunden geben sollte, welcher die Anforderungen an das Prozessergebnis formuliert. Über den Prozess wird beschrieben, wie aus einer gegebenen Eingangsgröße, auch Input genannt, eine geforderte Ausgangsgröße, auch Output

¹⁰ Becker, J.; Kugler; Rosemann (2012) S. 6

¹¹ Vgl. Noé (2014) S. 133f

genannt, erzeugt wird. Ein Prozess besteht im Wesentlichen aus folgenden fünf Hauptelementen: Einem Lieferanten, einer Eingangsgröße, dem Prozess selbst, einer Ausgangsgröße und einem Kunden. Prozesse können zueinander in einem Kunden- beziehungsweise Lieferantenverhältnis stehen, wenn ein Prozess als Ergebnis die Eingangsgröße eines nachfolgenden Prozesses erzeugt. Ein häufig verwendetes Schlagwort für ein Kunden-Lieferanten-Verhältnis in einer Prozesskette ist „Next Operation as Customer“ (kurz NOAC). Eine sinngemäße Übersetzung würde lauten: „nächste Handlung als Kunde“. Der nachfolgende Prozess, als Kunde, kann somit die Anforderungen an das Ergebnis des vorgelagerten Prozesses, welcher hier als Lieferant agiert, festlegen. Ein Prozess hat die Aufgabe ein vom Kunden erwartetes Ergebnis in der geforderten Zeit, in der vorgegebenen Qualität und zu den geforderten Kosten zu liefern. Ein Prozess kann auch aus mehreren unterschiedlichen Teilprozessen bestehen, welche durch ihre sachlogische Folge den Prozess ergeben. Diese Teilprozesse können wiederum aus mehreren Schritten und Aktivitäten bestehen.¹²

In einem Unternehmen existieren verschiedenste Prozesse, welche sich untereinander bedingen können und sich durch diverse Aspekte unterscheiden lassen. Die gängigsten Aspekte zur Unterscheidung von Prozessen sind nach **Leistungsart** in Produktionsprozesse, welche immer materielle Produkte wie z.B. Motoren erzeugen, und Dienstleistungsprozesse, welche immaterielle Güter wie z.B. Informationen erzeugen. Nach **Ausführungsart** in operative (ausführende) Prozesse, wie z.B. bearbeiten eines Motors, und dispositive Prozesse, welche die Planung und Steuerung umfassen. **Wertschöpfungsprozesse** können in direkte, welche das Arbeitsobjekt durch z.B. Montieren verändern, und indirekte, welche die Wertschöpfung unterstützen bzw. vorbereiten, wie z.B. Prüfen oder Transportieren, unterteilt werden. Prozesse können auch durch ihre Komplexität in **Makroprozesse**, welche die betrieblichen bzw. überbetrieblichen Gesamtprozesse, wie z.B. das Herstellen von Radladern, beschreiben und in **Mikroprozesse**, welche die Bestandteile der Makroprozesse, wie z.B. den Vorderwagenbau beschreiben, unterteilt werden. Ebenfalls können Prozesse nach der Bedeutung für den Geschäftser-

¹² Vgl. Becker, T. (2008) S. 7f

folg in Wertschöpfungs-, Führungs-, und Unterstützungsprozesse unterteilt werden. Unter **Wertschöpfungsprozessen**, auch Kern-, Schlüssel- oder Leistungsprozesse genannt, werden jene Arbeiten und Aufgaben verstanden, welche durch Anwendung der betrieblichen Kernkompetenzen die geforderten Kundenwünsche realisieren. Kernkompetenzen sind unternehmensspezifisch und von strategischer Bedeutung, da es sich hier um firmenspezifisches Wissen handelt. Darunter fallen beispielsweise die Entwicklungs-, Fertigungs- und Montageprozesse des Unternehmens. **Führungsprozesse** dienen der langfristigen Unternehmensentwicklung und der Realisierung von Unternehmenszielen. Dazu zählen die strategische Unternehmensentwicklung, die Personalentwicklung sowie die Investitionsentwicklung. **Unterstützungsprozesse** sind jene Arbeiten und Aufgaben, welche aus Kundensicht nicht wertschöpfend, jedoch für die Ausführung der Wertschöpfungsprozesse erforderlich sind, wie beispielsweise Verwaltungs-, Instandhaltungs- und Datenverarbeitungsprozesse.¹³

4.1.1 Geschäftsprozesse

Geschäftsprozesse sind spezielle Prozesse, die der Erfüllung der obersten Unternehmensziele bzw. Geschäftsziele dienen. Ebenfalls werden dadurch die zentralen Geschäftsfelder beschrieben. Geschäftsprozesse haben eine spezielle Aktionsfolge, bestehend aus benötigtem Input, zu realisierenden Output und einsetzbaren Ressourcen, welche dazu dienen eine geforderte Leistung für einen externen oder internen Kunden zu realisieren. Geschäftsprozesse beziehen sich nicht nur auf einzelne Organisationseinheiten, sondern sind immer durchgehend zu betrachten. Typische Beispiele für Geschäftsprozesse in einem Unternehmen sind zum Beispiel die Auftragsabwicklung, die Produktentwicklung oder die Beschaffung.¹⁴

Unter Produktionsfaktoren werden alle Objekte, welche für die Erstellung von Produkten oder Dienstleistungen erforderlich sind, verstanden. Mithilfe einer Produktionsfunktion wird angegeben, wie und in welcher Menge die vorhandenen Produk-

¹³ Vgl. REFA (2003) S. 3ff

¹⁴ Vgl. Rosenkranz (2006) S. 3f

tionsfaktoren kombiniert werden müssen, um die geforderten Produkte und Dienstleistungen zu erzeugen. Einzelne Produktionsfaktoren sind die menschliche Arbeitsleistung, welche dispositiv als Managementleistung oder objektbezogen als Maschinenbedienung erfolgen kann, benötigte Betriebsmittel, wie Maschinen oder Computer, Be- und Verarbeitungsobjekte, wie Werkstoffe und Durchlaufobjekte, Zusatzfaktoren, welche als direkte Dienstleistung Dritter, wie Reparaturen, oder indirekte Unterstützungsleistung, wie Staatszuschüssen, auftreten können und Informationen. Wenn die Produktionsfaktoren nicht in ausreichender Menge verfügbar sind, können die erforderlichen Aktivitäten nicht durchgeführt werden, wodurch der Geschäftsprozess gestört wird. Ziel von Geschäftsprozessen ist es, die vorhandenen Produktionsfaktoren für die Leistungserstellung so zu kombinieren, dass die geforderten Sach-, Mengen- und Leistungsziele erreicht werden können.¹⁵

Die Kombination der Produktionsfaktoren und die Leistungserstellung in einem Unternehmen erfolgen in einer sogenannten Wertschöpfungskette. Dabei werden Aktivitäten im Unternehmen in primäre und unterstützende Aktivitäten unterteilt. Unter primären Aktivitäten werden alle wertschöpfenden Tätigkeiten mit direktem Bezug zum herzustellenden Produkt verstanden, sie leisten also einen Beitrag zum wirtschaftlichen Erfolg eines Unternehmens. Dagegen sind unterstützende Aktivitäten aus Kundensicht nicht wertschöpfend, jedoch sind sie für die Ausführung der Wertschöpfungsprozesse erforderlich. Die Gewinnspanne eines Geschäftsprozesses kann aus der Differenz der summierten Kosten für die Produktionsfaktoren, welche für die Leistungserstellung notwendig sind und dem Preis, welchen der Kunde für die erbrachte Leistung bereit ist zu bezahlen, ermittelt werden.¹⁶

¹⁵ Vgl. Rosenkranz (2006) S. 4

¹⁶ Vgl. Becker, J.; Kugler; Rosemann (2012) S. 7f

4.1.2 Prozessgestaltung

Um Prozesse erfolgreich gestalten zu können, ist es unabdinglich bei der Gestaltung die Vorgehensweise auf die geforderten Unternehmensvisionen und -strategien abzustimmen. Ziel einer erfolgreichen Prozessgestaltung ist es, die definierten Unternehmensziele konsequent, effektiv und effizient umzusetzen. Dabei ist darauf zu achten, dass die vorgegebenen Abläufe eingehalten werden und die Schnittstellen zwischen den einzelnen beteiligten Organisationseinheiten problemlos funktionieren.¹⁷

Für eine effektive Prozessgestaltung gibt es mehrere mögliche Vorgehensweisen. Eine speziell auf die Anforderungen der Prozessgestaltung zugeschnittene, systematische Vorgehensweise stellt die **REFA-Systematik der Prozessgestaltung** dar, welche sich in folgende sechs Stufen unterteilt:

Stufe 1: Analyse der Ausgangssituation

Anstöße für die Untersuchung und mögliche Neugestaltung bestimmter Prozesse kommen meist aus der Markt- bzw. Wettbewerbssituation eines Unternehmens und werden üblicherweise aus Preis- und Leistungsvergleichen mit der Konkurrenz am Markt generiert. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass die Betrachtung nicht nur auf die Kernprozesse gelegt wird, da Verschwendungen auch oftmals in den Unterstützungsprozessen entstehen. Um die Schwachstellen eines Prozesses zu ermitteln, müssen diese aufgenommen und analysiert werden. Die gängigsten Varianten für eine Prozessaufnahme sind Interviews, Dokumentensichtung und Vor-Ort-Begehungen, wobei diese Methoden oftmals kombiniert werden. Durch Interviews könne qualitative und quantitative Ein-drücke gewonnen werden, wobei darauf zu achten ist, dass die richtigen Gesprächspartner gewählt werden. Die Gefahr der Dokumentensichtung von bereits bestehenden Prozessen bzw. Arbeitsanweisungen besteht darin, dass diese oftmals einen Soll-Zustand aus der Vergangenheit zeigen und oftmals vom angewandten Ist-Zustand abweichen, daher sollte die Dokumentensichtung stets durch eine Vor-Ort-Begehung ergänzt

¹⁷ Vgl. Noé (2014) S. 133f

werden. Eine weitere Datenquelle können Kennzahlen darstellen, sofern diese permanent und aktuell zur Verfügung stehen.¹⁸

Stufe 2: Bewertung und Beurteilung

Anschließend müssen die gewonnenen Erkenntnisse und Daten aufbereitet, auf Vollständigkeit überprüft und verarbeitet werden. Dazu werden Kriterien benötigt, welche leicht handhabbar sind und eine hohe Aussagekraft besitzen. Die Bewertungskriterien sollten dabei vorzeitig abgestimmt und festgelegt werden, wenn möglich bereits in Verbindung mit der Festlegung der Bearbeitungsziele. Wenn festgestellt wird, dass bestimmte Angaben nicht zutreffen bzw. unsicher sind, sind diese erneut aufzunehmen und zu überprüfen, da falsche Angaben eine große Auswirkung auf die zu ergreifenden Maßnahmen haben. Neben den Schwachstellen sollen auch die Stärken des jeweiligen Prozesses angeführt werden. Dadurch ist es möglich, die Prozesse zu beurteilen. Werden die Prozesse nach Erfüllungsgrad der Kriterien zum Beispiel als „günstig gestaltet“, „gerade noch akzeptabel“ oder als „dringend veränderungswürdig“ beurteilt, ergibt sich eine Reihenfolge für die Priorität von einzuleitenden Maßnahmen.¹⁹

Stufe 3: Prozesslösungen konzipieren (Grobplanung)

Im dritten Schritt sollen verschiedene Varianten für die Lösung der aufgezeigten Probleme und Schwachstellen in Form einer Grobplanung erarbeitet werden. Dabei gilt der sogenannte Variantengrundsatz, welcher besagt, dass verschiedenste Lösungsansätze erarbeitet werden sollen, welche sich inhaltlich und organisatorisch auch erheblich voneinander unterscheiden können. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass die Ergebnisse die geforderte Zielstellung erfüllen. Die verschiedenen Lösungsvarianten sollen soweit ausgearbeitet und aufbereitet sein, dass die zu erreichenden Ergebnisse, die Anforderungen für die Realisierung, die groben Kosten und die Zeitschiene für eine Umsetzung der Lösungsvariante ersicht-

¹⁸ Vgl. Bensel (2009) S. 189

¹⁹ Vgl. REFA (2003) S. 28ff

lich und bewertbar sind. Anschließend kann mithilfe eines Variantenvergleichs die bevorzugte Lösungsvariante ermittelt werden.²⁰

Stufe 4: Prozesslösungen detaillieren (Feinplanung)

Grundlage für die Feinplanung der Prozesse sind die in Stufe 3 für die bevorzugte Lösungsvariante ermittelten Anforderungen und Erfordernisse, welche in der Feinplanung weiter detailliert werden. Diese Detaillierung umfasst üblicherweise die Abänderung bzw. den Neuaufbau von Arbeitssystemen oder -stätten, die Entwicklung des benötigten Personals hinsichtlich der Qualifizierung und das Erstellen von Prozessanweisungen und -dokumentationen.²¹

Stufe 5: Prozesslösung einführen

Die Einführung der erarbeiteten Lösungsvariante ist in zwei Stufen unterteilt, der Vorbereitung und der Inbetriebnahme. Bevor die Prozesslösung eingeführt werden kann, müssen die geplanten Veränderungsmaßnahmen realisiert werden. Dazu ist es erforderlich die neuen Prozesse darzustellen, üblicherweise mit einem Prozess-Layout und den Materialfluss zu gestalten. Ebenfalls müssen die Mitarbeiter entsprechend geschult werden und die Arbeitsorganisation, die Betriebsmittel und die Arbeitsverfahren angepasst werden. Anschließend kann ein Probetrieb durchgeführt werden, um etwaige Schwachstellen frühzeitig zu erkennen und ohne große Aufwände beseitigen zu können. Wenn der Probetrieb problemlos läuft, kann der Prozess bis zum Erreichen der geforderten Ergebnisse schrittweise eingeführt werden.²²

Stufe 6: Prozesslösung nutzen

Wenn der Prozess eingelaufen ist, kann dieser durch einen Vergleich der erreichten Ergebnisse und der geforderten Zielstellung auf Abweichungen überprüft werden, welche, wenn es erforderlich ist, durch Korrekturen im Prozess beseitigt werden können. Alle im Prozess gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse sollen

²⁰ Vgl. REFA (2003) S. 31ff

²¹ Vgl. REFA (2003) S. 34

²² Vgl. REFA (2003) S. 35

im Sinne einer lückenlosen Prozessdokumentation permanent aufgezeichnet und gesichert werden. Auch wenn der Prozess in Betrieb ist und problemlos läuft, ist eine kontinuierliche Überwachung und Verbesserung des Prozesses erforderlich, um stets die größte Effektivität und Effizienz zu gewährleisten.²³

4.1.3 Prozessoptimierung

Um den stetig steigenden Anforderungen an das Unternehmen gerecht zu werden und die Prozesse permanent effizient und effektiv zu halten, ist eine kontinuierliche Prozessoptimierung unabdinglich. Prozessoptimierung heißt, aktuelle Prozesse zu analysieren und entsprechend abzuändern bzw. neu zu gestalten, damit sie das geforderte Ziel effizienter erreichen. Um die Prozessoptimierung zu differenzieren, ist es sinnvoll, die Prozesse in Nutz-, Stütz-, Blind- und Fehlprozesse zu unterteilen. Mithilfe von Nutzprozessen wird das Produkt oder die Dienstleistung erstellt, welche den Kundennutzen direkt erhöht. Nutzprozesse sind die Kernkompetenzen eines Unternehmens und müssen beibehalten werden, jedoch sollten sie stetig optimiert werden, wie z.B. durch effizientere Produktionsverfahren. Stützprozesse, wie z.B. Prüfen, Rüsten oder Transportieren, unterstützen die Nutzprozesse und erhöhen den Kundennutzen nur indirekt, sie sollten daher auf ein Minimum reduziert werden. Blind- und Fehlprozesse sind ungeplante Prozesse und entstehen durch eine schlechte bzw. fehlerhafte Ausführung der Nutz- und Unterstützungsprozesse. Blindprozesse sind beispielsweise Rückfragen, Materialsuche oder Puffer und entstehen durch mangelnde Kommunikation bzw. Informationsaustausch zwischen den Abteilungen, sie verzögern den Produktionsfluss und sollten daher vermieden werden. Fehlprozesse, wie z.B. Ausschuss oder Beschädigung von Produkten, können zu Terminverzögerungen führen, da die Ware repariert werden muss oder der gesamte Nutzprozess wiederholt werden muss, weshalb diese ebenfalls zu vermeiden sind.²⁴

Für die Leistungssteigerung von Prozessen werden zwei grundlegende Ansätze unterschieden: die Prozesserneuerung und die Prozessverbesserung.

²³ Vgl. REFA (2003) S. 35

²⁴ Vgl. Arndt (2008) S. 78ff

Bei der **Prozesserneuerung**, auch Prozess-Reengineering genannt, werden die betrachteten Prozesse komplett neu, das heißt am leeren Blatt, gestaltet. Wobei auf die derzeitigen Prozesse wenig bis gar keine Rücksicht genommen wird. Das Ziel ist es, die Prozesse radikal zu verändern, wodurch bestehende und nicht mehr angemessene Prozesse und Strukturen beseitigt werden sollen. Da es durch diese Restrukturierungsmaßnahmen zu erheblichem Widerstand der betroffenen Personen kommen kann, muss die Veränderung von der Unternehmensleitung initiiert werden. Durch die möglicherweise fehlende Akzeptanz der neuen Prozesse und Strukturen durch die Mitarbeiter ist die Gefahr eines Scheiterns sehr hoch. Prozess-Reengineering wird oftmals in Krisensituationen angewandt, wenn keine Zeit für eine kontinuierliche Verbesserung ist.²⁵

Im Gegensatz zum radikalen Wandel der durch eine Prozesserneuerung erfolgt, werden bei der **Prozessverbesserung** die bestehenden Prozesse in kleinen Schritten verbessert. Diese kontinuierlichen Verbesserungsvorschläge für die bestehenden Prozesse sollen in der Regel von allen Mitarbeitern eingebracht werden und werden als ständige Aufgabe des gesamten Unternehmens gesehen. Durch diese kleinen schrittweisen Verbesserungen der bestehenden Prozesse und dem Einbeziehen aller Mitarbeiter besteht ein geringeres Risiko einer Änderung des Prozesses und es kommt zu größerer Akzeptanz der Maßnahmen in der Belegschaft. Die bekanntesten Methoden für die Prozessverbesserung sind Six Sigma, Total Cycle Time und Kaizen.²⁶

Mit **Six Sigma** wird das Ziel verfolgt, jeden Prozess annähernd fehlerfrei zu gestalten. Dazu werden die Prozessleistung mithilfe von Kennzahlen und die Fehlerrate auf Millionen Möglichkeiten gemessen. Das Six Sigma Verfahren wird hauptsächlich vom Qualitätsmanagement angewandt. **Total Cycle Time**, kurz TCT, hat zum Ziel, die Prozessleistung durch Reduktion der Zykluszeit bzw. Prozesszeit zu steigern. Dadurch sollen die Prozesskosten gesenkt, die Termintreue erhöht und eine größere Kundenzufriedenheit erreicht werden. Eine Reduktion der Prozesszeit soll durch die Identifikation und Beseitigung von sogenannten Prozessbarrie-

²⁵ Vgl. Becker, T. (2008) S. 20

²⁶ Vgl. Koch (2015) S. 115ff

ren und nicht wertschöpfenden Prozessen erfolgen. **Kaizen**, in Europa auch als kontinuierlicher Verbesserungsprozess KVP bekannt, ist eine Methode um Prozesse mithilfe von schrittweisen Verbesserungen nahe an die Perfektion zu bringen. Dazu werden die aktuellen Zustände analysiert und Maßnahmen und Verbesserungen gesetzt, um den Prozess zu verbessern. Kaizen ist kein einmaliges Projekt, sondern muss zur Philosophie des Unternehmens werden und vom Management und den Mitarbeitern tagtäglich gelebt werden. Um den Erfolg von Kaizen zu sichern, ist Teamarbeit das Wichtigste. Kaizen kann auf Prozesse aber auch Produkte angewandt werden.²⁷

Das gemeinsame Ziel dieser Methoden ist, die Leistung von Prozessen zu steigern und zu verbessern, indem Ersatzprozesse erkannt und beseitigt werden. Unter Ersatzprozessen werden alle Aktivitäten verstanden, deren Aufgabe es ist, Fehler zu korrigieren und bestehende Probleme zu umgehen, wodurch Probleme nicht gelöst, sondern nur verdeckt und stabilisiert werden. Um diese Schwachstellen im Prozess zu eliminieren, greifen all diese Methoden auf den Problemlösungskreislauf, auch **PDCA-Zyklus** oder Deming-Zyklus genannt, zurück, da dieser einen systematischen Ansatz für die Problemlösung bietet. Der Name PDCA-Zyklus setzt sich aus den vier Schritten: plan, do, check und act zusammen, welche nachfolgend kurz erläutert werden:²⁸

1. Planen (plan)

Zu Beginn wird die aktuelle Ist-Situation durch Datenerhebung, -analyse und -auswertung betrachtet. Hier können die sogenannten sieben Qualitätswerkzeuge verwendet werden. Zu den sieben Qualitätswerkzeugen zählen das Ishikawa-Diagramm, das Pareto-Diagramm, das Prüfblatt, die Qualitätsregelkarte, ein Programmablaufplan, ein Histogramm und das Streudiagramm. Aufgrund der gewonnenen Daten wird ein Verbesserungsplan erstellt und erreichbare Ziele festgelegt.²⁹

²⁷ Vgl. Neumann (2010) S. 291ff

²⁸ Vgl. Koch (2015) S. 118

²⁹ Vgl. Koch (2015) S. 119

2. Umsetzen (do)

Der erarbeitete Verbesserungsplan wird den betroffenen Mitarbeitern vorgestellt. Diese werden mit den zu ergreifenden Maßnahmen vertraut gemacht und eingeschult. Anschließend werden die Verbesserungen eingeführt. Falls bei der Einführung Probleme auftauchen, sind diese unverzüglich zu beseitigen, um den Prozesseinlauf und -ablauf nicht zu stören.³⁰

3. Überprüfen (check)

Wenn die Verbesserungen eingelaufen sind und der Prozess läuft, wird überprüft, ob die geforderte Zielsetzung erreicht wurde. Dies kann mithilfe von Audits geschehen.³¹

4. Verbessern (act)

Es wird überprüft, ob Soll und Ist übereinstimmen. Sollte dies der Fall sein, ist kann das Ergebnis standardisiert werden, falls nicht, müssen die Phasen Planen und Umsetzen solange wiederholt werden, bis eine Übereinstimmung erreicht ist. Falls das verbesserte Ergebnis nicht standardisiert wird, besteht die Gefahr, dass die alten Missstände und Fehler wieder auftreten.³²

Der PDCA-Zyklus ist ein kontinuierlicher Prozess, das heißt, dass man die vier Phasen ständig durchlaufen muss und auch erfolgte Verbesserungen kontinuierlich überprüft und aktualisiert. Die Betrachtung sollte auf das gesamte Unternehmen angewandt werden, um die Zusammenarbeit aller Abteilungen zu optimieren. Der wichtigste Bestandteil einer kontinuierlichen Verbesserung ist die Teamarbeit.³³

³⁰ Vgl. Neumann (2010) S. 102

³¹ Vgl. Koch (2015) S. 119

³² Vgl. Neumann (2010) S. 102

³³ Vgl. Koch (2015) S. 119f

4.2 Methoden für die Beurteilung verschiedener Varianten

Ein Entscheidungsproblem entsteht, wenn es eine Abweichung von einem vorherrschenden Ist-Zustand zu einem gewollten Soll-Zustand gibt und es für die Beseitigung der ermittelten Soll-Ist-Differenz mehrere verschiedene Möglichkeiten gibt. Dadurch entsteht das Problem, sich für eine Variante zur Reduktion dieser Differenz zu entscheiden. Um die Qualität der Lösung des vorhandenen Problems zu erhöhen, ist es notwendig, mehrere Varianten für die Beseitigung des Problems zu erarbeiten und daraus die beste Alternative auszuwählen.³⁴

4.2.1 Struktur und Merkmale des Entscheidungsprozesses

Der Entscheidungsprozess kann gewissermaßen als Problemlösungsprozess gesehen werden. Dabei werden die möglichen Lösungen für das Entscheidungsproblem durch die potentiellen Handlungsalternativen repräsentiert und die erfolgte Lösung durch die ausgewählte Alternative. Da in einem Entscheidungsprozess gewisse Schritte erfüllt werden müssen, ergibt sich eine gewisse Struktur, die im Wesentlichen aus folgenden Aufgaben besteht: Problemformulierung, Präzisierung des Zielsystems, Erarbeitung verschiedener Handlungsalternativen und der Auswahl einer Alternative. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass diese Struktur nur einen Überblick über den groben Ablauf des Entscheidungsprozesses gibt. Die einzelnen Teilschritte sollten nicht isoliert, sondern ganzheitlich betrachtet werden. Ebenso sollten die Ablaufstruktur und Übergänge zwischen den Teilschritten nicht starr eingehalten werden, sondern flexibel gestaltet werden.³⁵

Den Ausgangspunkt eines Entscheidungsprozesses bildet üblicherweise eine unerwünschte Entwicklung einer Situation, welcher durch entsprechende Maßnahmen entgegengesteuert werden soll. Diese negative Entwicklung bildet üblicherweise die Grundlage für die **Problemformulierung**. Wobei die Grundlagen für die Problemformulierung routinemäßig auftreten können, wenn z.B. eine Maschine ausfällt und eine Entscheidung getroffen werden muss, ob die Anlage repariert oder durch eine Neuanschaffung ersetzt werden soll. Oder es müssen die Prob-

³⁴ Vgl. Grünig; Kühn (2013) S. 7

³⁵ Vgl. Laux; Gillenkirch; Schenk-Mathes (2014) S. 12

leme erst ermittelt werden, um eine Formulierung gestalten zu können. Dabei kann es zweckdienlich sein, die Problemstellung grob zu formulieren und nach näherer Betrachtung detaillierter darauf einzugehen. Somit können die nachfolgenden Prozessschritte vereinfacht und in die gewünschte Richtung gelenkt werden. Oftmals wird das vorliegende Entscheidungsproblem bereits als Ziel gesehen, jedoch wird hier nur ein gewünschter Endzustand beschrieben, welcher in der Regel nicht sehr präzise ausgeführt wird. Damit die vorliegenden Handlungsalternativen bewertet und beurteilt werden können, ist es erforderlich, eine **Präzisierung des Zielsystems** durchzuführen. Neben einem Beurteilungsmaßstab für die Auswahl der richtigen Alternative gibt das Zielsystem auch eine Richtung für die **Erarbeitung von verschiedenen Handlungsalternativen** vor. Dabei sollten bei der Analyse des Problems, neben den zu erreichenden Zielen, auch die Restriktionen definiert und betrachtet werden, um zu vermeiden, dass Kapazitäten in die Erarbeitung von Handlungsalternativen gesteckt werden, welche nicht realisierbar sind. Restriktionen können sich durch unternehmensinterne Vorgaben, wie z.B. gegebene Platzverhältnisse, aber auch Unternehmensexterne Vorschriften, wie z.B. gesetzliche Vorschriften, ergeben. Ansonsten sollten alle Möglichkeiten betrachtet werden, welche das vorgegebene Ziel erreichen. Dabei ist es oftmals von Vorteil, wenn abteilungsfremde Personen eingebunden werden, um den Einfluss durch vorhandene Lösungen für ähnliche Probleme bei der Erarbeitung zu reduzieren. Wurden Ziele und Handlungsalternativen definiert und erarbeitet, findet anschließend die **Auswahl einer Alternative** statt, welche die Zielsetzung am besten erfüllt. Für die Auswahl der optimalen Handlungsalternative gibt es mehrere unterschiedliche Methoden, welche in den Kapiteln 4.2.2, 4.2.3. und 4.2.4. näher erläutert werden.³⁶

³⁶ Vgl. Laux; Gillenkirch; Schenk-Mathes (2014) S. 112ff

In einem Entscheidungsprozess können mehrere verschiedene Merkmale auftreten, die den Prozess erschweren können. Die häufigsten Merkmale werden nachfolgend kurz aufgelistet und erläutert:

Anzahl der Handlungsalternativen und Kriterien

Umso mehr Kriterien und Informationen für die verschiedenen Handlungsalternativen bzw. umso mehr Handlungsalternativen angeführt werden, umso schwieriger und ungenauer wird die Auswahl einer optimalen Variante. Dies liegt an der begrenzten Verarbeitungskapazität des menschlichen Denkapparates, wobei Untersuchungen gezeigt haben, dass maximal sieben Themen gleichzeitig verarbeitet werden können. Wird diese Anzahl überschritten, geht es zu Lasten der Genauigkeit.³⁷

Konflikte bei der Prioritätensetzung

Um die unterschiedlichen Handlungsalternativen bewerten zu können, werden Kriterien definiert, welche von den Alternativen erfüllt werden müssen, damit diese als die optimale Variante gelten. Dabei kann es jedoch zu Zielkonflikten kommen, da es schwierig ist, sich darauf zu einigen, welche Kriterienerfüllung gegenüber anderen zu priorisieren ist. Dabei kann eine Kompromisslösung dienlich sein, indem man Minimal- und Maximalwerte definiert, welche von den Lösungsvarianten erfüllt werden müssen.³⁸

Kriterienausprägung

Hierbei werden quantitative und qualitative Kriterien unterschieden. Unter quantitativen Kriterien werden Kriterien verstanden, welche unmittelbar messbar sind, wie z.B. Kosten für eine Alternative. Qualitative Kriterien können dagegen in keiner direkt messbaren Einheit erfasst werden, wie z.B. die Lage eines Standortes. Probleme entstehen dabei häufig, wenn qualitative und quantitative Kriterien, aber

³⁷ Vgl. Müller-Herbers (2007) S. 6

³⁸ Vgl. Müller-Herbers (2007) S. 6f

auch Kriterien mit unterschiedlichen Maßeinheiten miteinander verglichen werden sollen und daraus eine Gesamtbeurteilung erfolgen soll.³⁹

Erwartungsstruktur

Mit der Erwartungsstruktur ist gemeint, ob bzw. mit welcher Wahrscheinlichkeit die einzelnen Kriterien eintreten werden. Dabei wird zwischen Sicherheit und Unsicherheit unterschieden. Entscheidungen werden unter Sicherheit getroffen, wenn das Ergebnis jeder Handlungsalternative bekannt ist. Von Unsicherheit wird hingegen gesprochen, wenn das Eintreten eines Ergebnisses in mindestens zwei unterschiedlichen Zuständen erfolgen kann. Für die Eintrittswahrscheinlichkeit gibt es nur Prognosen, jedoch keine gesicherten Daten, z.B. wenn ein Kredit aufgenommen werden soll stellt sich die Frage, ob man den Kredit bei jetzigen Zinsstand aufnimmt, oder abwartet, wobei es nur Prognosen darüber gibt, ob die Zinslast steigt oder sinkt, jedoch kein sicheres Ergebnis.⁴⁰

4.2.2 Intuitive Methoden

Bei den intuitiven Methoden erfolgt die Beurteilung einer Variante aufgrund des Gesamteindrucks, den eine Variante gegenüber anderen möglichen Varianten hat. Dabei orientiert man sich an einigen Kriterien und versucht, dadurch einen Gesamteindruck zu gewinnen und sich an diesem zu orientieren. Anhand dieser gewonnenen Eindrücke soll anschließend eine Rangordnung oder Präferenzordnung gebildet werden, um die Entscheidung zu unterstützen. Wobei das Urteil trotzdem eher spontan gefällt wird und die Aspekte, welche diesem Urteil zugrunde liegen, nicht hinterfragt werden.⁴¹

Die meisten angewandten intuitiven Methoden sind die Klasseneinstufung, die Punktevergabe, das Rangplatzverfahren und der Paarvergleich. Bei der Methode der **Klasseneinstufung** werden die einzelnen Varianten durch intuitives Abwägen von den Beurteilenden in unterschiedliche Klassen eingeteilt. Wenn die Unterteilung der Varianten z.B. in förderungswürdig, bedingt förderungswürdig, wenig för-

³⁹ Vgl. Müller-Herbers (2007) S. 7f

⁴⁰ Vgl. Laux; Gillenkirch; Schenk-Mathes (2014) S. 33

⁴¹ Vgl. Müller-Herbers (2007) S. 24

derungswürdig und nicht förderungswürdig unterteilt werden, kann bereits eine (Vor-)Auswahl der besten Variante(n) erfolgen. Um zu vermeiden, dass die Beurteilten keine richtige Wertung abgeben, sondern einen Mittelweg nehmen, ist es von Vorteil, eine gerade Anzahl von Klassen zu verwenden. Dadurch wird der neutrale Mittelweg nicht möglich und die Beurteiler werden angehalten, eine Wertung vorzunehmen.⁴²

Bei der **Punktevergabe** erhält jeder Beurteiler ein gewisses Punktbudget, welches er auf die verschiedenen Varianten verteilen muss. Um ungeeignete Varianten aussortieren zu können, bietet es sich an, in das Punktbudget weniger Punkte zu geben, als es verschiedene Varianten gibt. Varianten, die keine Punkte erhalten, und somit ungeeignet sind, können dadurch aussortiert werden.⁴³

Beim **Rangplatzverfahren** werden die Varianten hinsichtlich ihrer Eignung für die Problemlösung gereiht. Ausgewählt wird jener Lösungsvorschlag, der die beste Gesamtrangordnung aufweist.⁴⁴

Für den **Paarvergleich** gibt es zwei Methoden, das sogenannte „King of the Mountain“ Verfahren und die Paarvergleichsmatrix. Im King of the Mountain Verfahren werden die Varianten paarweise gegenübergestellt und verglichen. Die bessere der beiden Varianten wird nachfolgend mit der nächsten möglichen Variante verglichen, wobei wieder die bessere Variante ausgewählt wird. Dieses Vorgehen wird solange wiederholt, bis die optimale Variante, welche sich gegen alle anderen durchgesetzt hat, gefunden ist. Falls eine Rangfolge der Varianten erstellt werden soll, kann dieses Verfahren beliebig oft mit den verbleibenden Varianten wiederholt werden. Mit der Paarvergleichsmatrix können die einzelnen Varianten systematisch miteinander verglichen werden. Dabei wird durch die Matrix eine Struktur vorgegeben, womit die Alternativen gleichzeitig bewertet werden können. Durch dieses Verfahren kann einfach eine Rangfolge erstellt werden, indem die Anzahl der Bevorzugungen gegenüber anderen Varianten aufsummiert werden. Der Vergleichsvorgang muss somit nur einmal durchgeführt werden, da die untere

⁴² Vgl. Müller-Herbers (2007) S. 24f

⁴³ Vgl. Müller-Herbers (2007) S. 24f

⁴⁴ Vgl. Müller-Herbers (2007) S. 24f

Hälfte der Matrix über die diagonale Mittelachse gespiegelt werden kann, wobei die obere Hälfte mit den Ergebnissen befüllt wird. Voraussetzung für diese Verfahren ist, dass es einheitliche Kriterien gibt, anhand deren es möglich ist den Vergleich durchzuführen.⁴⁵

4.2.3 Formalisierte Methoden

Hier werden **nichtkompensatorische** und **kompensatorische Methoden** unterschieden. Der Hauptunterschied der beiden Methoden ist, dass bei den nichtkompensatorischen Methoden die Vor- und Nachteile der einzelnen Varianten nicht gegeneinander verrechnet werden. Es müssen Überlegungen angestellt werden, ob die Vorteile einer Variante die Nachteile überwiegen bzw. ob man die Nachteile tolerieren kann. Die Auswahl der günstigsten Variante erfolgt mithilfe eines Beurteilungsfilters, welcher alle relevanten Punkte, welche für die Lösung eines Problems erforderlich sind, enthält. Die Auswahl der optimalen Variante erfolgt sozusagen durch ein Ausschlussverfahren. Die bekanntesten nichtkompensatorischen Methoden sind die kaskadische Aspektebehandlung und die lexikographische Ordnung. Die **kaskadische Aspektebehandlung** basiert auf einem Beurteilungsraster, wo die grundlegenden Gesichtspunkte, welche für die Problemlösung erforderlich sind, angeführt werden. Die angeführten Gesichtspunkte sind Ausschlusskriterien, wobei bei Nichterfüllung eines Kriteriums der Bewertungsprozess abgebrochen und die Handlungsalternative ausgeschlossen wird. Nur jene Handlungsalternativen, welche alle Ausschlusskriterien erfüllen, sollten weiterverfolgt werden. Im Gegensatz zum Ausschlussverfahren der kaskadischen Aspektebehandlung wird mithilfe der **lexikographischen Ordnung** eine Rangordnung für die Handlungsalternativen ermittelt. Dazu müssen zuerst die Beurteilungskriterien nach ihrer Wichtigkeit für die Problemlösung gereiht werden. Anschließend können mithilfe des wesentlichsten Kriteriums jene Handlungsalternativen ausgewählt werden, welche diesem am besten entsprechen. Danach werden die übriggebliebenen Kriterien darauf überprüft, wie sie das zweitwichtigste Kriterium erfüllen. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis die optimale Alternative gefunden ist. Beide Varianten sind einfach in der Handhabung, jedoch muss die Voraussetzung

⁴⁵ Vgl. Müller-Herbers (2007) S. 24f

gegeben sein, dass sich bei Mehrpersonenentscheidungen alle über die Kriterienreihung einig sind und dass sich die Kriterien nicht gegenseitig beeinflussen.⁴⁶

Die gängigsten kompensatorischen Methoden sind der gewichtete Paarvergleich und die Nutzwertanalyse. Der **gewichtete Paarvergleich** baut auf dem Prinzip der Paarvergleichsmatrix auf, die Bewertung der Handlungsalternativen findet jedoch mithilfe von gewichteten Kriterien statt. Daraus können sogenannte Gewichtungswerte für die einzelnen Varianten abgeleitet werden, womit eine Rangordnung erstellt wird. Der erste Schritt ist die Festlegung der Kriterien, welche für die Beurteilung der Handlungsalternativen relevant sind. Die Gewichtung eines Kriteriums wird mithilfe einer Paarvergleichsmatrix ermittelt. Dazu werden alle Kriterien paarweise verglichen und jeweils das zu bevorzugende Kriterium mit einem Punkt bewertet, das unterlegene Kriterium erhält keinen Punkt. Der Gewichtungswert für jedes einzelne Kriterium ist der Kehrwert aus der Division der Summe der möglichen Paarvergleiche durch die Anzahl der Bevorzugungen gegenüber den anderen Kriterien. Anschließend werden die Gewichtungswerte für die einzelnen Alternativen pro Kriterium ermittelt. Dazu werden die einzelnen Handlungsalternativen paarweise hinsichtlich des jeweiligen Kriteriums verglichen, wobei jene Handlungsalternative mit einem Punkt bewertet wird, welche das Kriterium besser erfüllt. Die unterlegene Alternative erhält keinen Punkt. Der Gewichtungswert für die einzelne Variante pro Kriterium wird durch das Verhältnis von tatsächlichen zu möglichen Bevorzugungen ermittelt. Wird z.B. bei drei möglichen Varianten eine Variante zweimal bevorzugt, ergibt sich daraus ein (gerundeter) Gewichtungswert von 0,67. Abschließend wird eine Tabelle erstellt, in der die Kriterien in den Zeilen und die einzelnen Handlungsalternativen in den Spalten erfasst werden. In diese Tabelle wird der multiplizierte Wert geschrieben, welcher sich aus Gewichtungswert des Kriteriums und Gewichtungswert der Variante zusammensetzt, dieser Wert wird Erfüllungsgrad genannt. Um die optimale Handlungsalternative zu ermitteln, werden alle erreichten Erfüllungsgrade pro Variante aufsummiert. Der höchste Wert stellt die optimale Alternative dar.⁴⁷

⁴⁶ Vgl. Müller-Herbers (2007) S. 50ff

⁴⁷ Vgl. Müller-Herbers (2007) S. 33ff

Mithilfe der **Nutzwertanalyse**, welche auch Punktverfahren oder Multifaktorentechnik genannt wird, können verschiedene Handlungsalternativen mit mehreren und auch unterschiedlichen Kriterien verglichen und beurteilt werden. Dabei werden vor allem subjektive Werte beurteilt und für die Entscheidungsfindung herangezogen. Damit die Entscheidungsfindung möglichst objektiv ist, sollte die Nutzwertanalyse möglichst in einem Team durchgeführt werden, da durch eine Diskussion in der Gruppe die Meinungsbildung objektiver wird.⁴⁸

Mithilfe der Nutzwertanalyse kann eine Reihung der einzelnen Handlungsalternativen erstellt werden, wobei die einzelnen Zielgrößen anhand der Relevanz für die Entscheidungsträger berücksichtigt werden. Es wird zuerst ermittelt, inwieweit die einzelnen Alternativen gewisse Kriterien erfüllen und dieser Erfüllungsgrad als Teilnutzwert angegeben. Die ermittelten Teilnutzwerte pro Alternative werden anschließend, unter Berücksichtigung der Kriteriengewichtung, aufsummiert. Diese Summe gibt den Nutzwert der einzelnen Alternativen an, wodurch eine Rangordnung erstellt und die optimale Variante ausgewählt werden kann. Da durch das Zusammenfassen der einzelnen Teilnutzwerte Schwächen bei unwichtigen bzw. niedrig gewichteten Kriterien durch Stärken bei wichtigen bzw. hoch gewichteten Kriterien verdeckt bzw. kompensiert werden können, ist es erforderlich, dass gewisse Mindestanforderungen, welche die Alternativen hinsichtlich bestimmter Kriterien aufweisen müssen, vorab überprüft werden. Das Vorgehen bei der Nutzwertanalyse ist in fünf Schritte unterteilt:⁴⁹

1. Zielkriterienbestimmung

Im ersten Schritt der Nutzwertanalyse müssen die einzelnen Zielkriterien definiert werden, welche die Basis für den Vergleich der einzelnen Handlungsalternativen bilden, da daraus die Teilnutzwerte und anschließend der Nutzwert ermittelt wird. Damit die Problemstellung nicht zu einseitig betrachtet wird, sollten bei der Ermittlung der einzelnen Zielkriterien Vertreter aus allen betroffenen Fachbereichen beteiligt sein. Um die Nutzwertanalyse erfolgreich durchführen zu können, müssen bei der Zielkriterienbestimmung gewisse Voraussetzungen erfüllt werden. Die ein-

⁴⁸ Vgl. Jung (2014) S. 136

⁴⁹ Vgl. Götze (2014) S. 193

zelnen Kriterien müssen genau definiert und erläutert werden, um zu vermeiden, dass es zu doppelten Erfassungen kommt. Durch die klare Definition der Kriterien kann auch eine Nutzenunabhängigkeit erreicht werden. Darunter wird verstanden, dass die Kriterien unabhängig voneinander sind und das Erreichen eines Kriteriums nicht vom Erfüllen eines anderen Kriteriums abhängig ist, was in der Praxis jedoch oft schwer zu realisieren ist. Kann eine Nutzenunabhängigkeit nicht garantiert werden, sollten die Kriterien möglichst zusammengefasst werden. Ebenfalls sollte für jedes Kriterium eine nominale, ordinale oder kardinale Messskala definiert werden, um die Zielerreichung messen zu können.⁵⁰

2. Zielkriteriengewichtung

Damit die einzelnen Zielkriterien entsprechend ihrer Relevanz für die Entscheidungsträger berücksichtigt werden können, ist es erforderlich, dies entsprechend zu gewichten. Die Kriteriengewichtung kann mithilfe einer direkten bzw. einer indirekten Intervallskalierung erfolgen. Bei der **direkten Intervallskalierung** werden den einzelnen Kriterien Werte auf einer Intervallskala zugeteilt. Der Abstand der einzelnen Kriterien auf der Skala zeigt, wie relevant ein Kriterium für die Entscheidungsträger ist. Bei der **indirekten Intervallskalierung** werden die Zielkriterien anhand ihrer Relevanz gereiht. Anschließend werden den Kriterien entsprechend ihrem Rang Werte zugeteilt. Falls die Präferenzunterschiede zwischen den einzelnen Rängen gleich sind, kann der Rangplatz als Gewichtung verwendet werden, andernfalls müssen die Rangplätze in Gewichte umgerechnet werden, um sie auf der Intervallskala darstellen zu können. Dazu ist es erforderlich, die Präferenzunterschiede zwischen den einzelnen Rangplätzen zu bewerten. Wurde die Zielhierarchie mehrstufig aufgebaut, ist die Kriteriengewichtung für alle Ebenen vorzunehmen.⁵¹

⁵⁰ Vgl. Ott (2011) S. 145f

⁵¹ Vgl. Götze (2014) S. 194f

3. Teilnutzenbestimmung

Um die Teilnutzen der einzelnen Handlungsalternativen bezüglich der Zielkriterien ermitteln zu können, ist es zuerst erforderlich, dass eine einheitliche Bewertungsskala definiert wird. Dabei unterscheidet man **nominale Messskalen**, in welchen die Unterscheidung erfolgen kann in: die Handlungsalternative erfüllt das Kriterium bzw. erfüllt das Kriterium nicht, **ordinale Messskalen**, wo die einzelnen Handlungsalternativen entsprechend ihrem Erfüllungsgrad des Zielkriteriums gereiht werden (indirekte Intervallskala), und **kardinalen Messskalen**, wo die Kriterienerfüllung durch Punktevergabe (direkte Intervallskala) bewertet wird. Am häufigsten wird in der Praxis die kardinale Messskala verwendet. Wenn der Zielerfüllungsgrad der einzelnen Handlungsalternativen definiert wurde, kann im Anschluss der Teilnutzwert mithilfe der Kriteriengewichtung ermittelt werden, indem Zielertrag und Gewichtung multipliziert werden.⁵²

4. Nutzwertermittlung

Um den Nutzwert der einzelnen Handlungsalternativen zu erhalten, werden die einzelnen Teilnutzen der Varianten aufsummiert. Um die Nutzwertermittlung übersichtlich zu gestalten, ist es von Vorteil eine Tabelle zu verwenden, in welcher alle ermittelten Werte angeführt werden.⁵³

5. Beurteilung der Vorteilhaftigkeit

Den Abschluss der Nutzwertanalyse bildet die Auswahl der optimalen Handlungsalternative. Bei den vorherrschenden Bedingungen kann jener Lösungsvorschlag, welcher den höchsten Nutzwert aufweist, als der optimale für die Problemstellung gesehen werden. Falls aufgrund gleicher bzw. ähnlicher Nutzwerte einzelner Alternativen keine eindeutige Entscheidung getroffen werden kann, müssen möglicherweise Zielkriterien hinzugefügt oder die Gewichtung der einzelnen Kriterien verändert werden.⁵⁴

⁵² Vgl. Ott (2011) S. 148f

⁵³ Vgl. Jung (2014) S. 137

⁵⁴ Vgl. Ott (2011) S. 149

4.2.4 Dialektische Methoden

Bei den dialektischen Methoden werden die Vor- und Nachteile einzelner Handlungsalternativen mithilfe von Argumenten betrachtet und abgewogen, wodurch ein differenziertes Meinungsbild zu den einzelnen Varianten gewonnen werden soll. Die häufigste Anwendung finden dabei die Pro-Contra-Methode und das Anwaltsverfahren.⁵⁵

Die **Pro-Contra-Methode** erfolgt in zwei Stufen. Zuerst werden Argumente gesucht, welche für und gegen die Handlungsalternative sprechen. Dies erfolgt durch einen Moderator, der in beliebiger Reihenfolge die Projektmitarbeiter befragt und die genannten Argumente in einem Pro-Contra-Katalog erfasst. Ein Pro-Contra-Katalog besteht aus zwei Spalten, jeweils eine für Pro- und eine für Contra-Argumente. In der zweiten Stufe werden die einzelnen Argumente im Projektteam nach ihrer Relevanz gereiht. Um zu vermeiden, dass gewisse Handlungsalternativen bevorzugt werden, ist es ratsam, die einzelnen Varianten nacheinander und nicht gleichzeitig zu betrachten. Durch die Auflistung von Vor- und Nachteile der einzelnen Alternativen können diese untereinander verglichen werden und die optimale Variante ermittelt werden.⁵⁶

Beim **Anwaltsverfahren** wird eine bestimmte Handlungsalternative einem Gremium, welches aus den zuständigen Entscheidungsträgern besteht, vorgetragen. Dabei sollen durch Vorbringen von Argumenten die Entscheider von der vorgetragenen Handlungsalternative überzeugt werden. Hier ist es erforderlich, eine geeignete Argumentationsstrategie auszuwählen, zwei grundlegende Prinzipien sind dabei die lineare und die dialektische Argumentation. Bei der linearen Argumentation werden nur die positiven Aspekte einer Handlungsalternative vorgetragen, was die Gefahr beinhaltet, dass der Lösungsvorschlag unrealistisch erscheint. Daher werden bei der dialektischen Argumentation auch die negativen Aspekte einer Handlungsalternative einbezogen. Dabei werden die positiven und negativen Aspekte jedoch nicht hintereinander aufgezählt, sondern abwechselnd vorgetra-

⁵⁵ Vgl. Müller-Herbers (2007) S. 27ff

⁵⁶ Vgl. Müller-Herbers (2007) S. 27ff

gen, wobei die negativen Argumente durch die positiven eliminiert werden sollten.⁵⁷

4.3 Produktionsplanung

Durch den stetig wachsenden Preisdruck durch die Konkurrenz, immer individueller Kundenanforderungen und einer kontinuierlich geforderten Reduktion der Lieferzeiten bis hin zum Just in Time, ist es für ein Unternehmen unabdinglich, ein effektives und effizientes Produktionssystem zu gestalten. Neben der Konzentration auf Kernkompetenzen ist es dabei erforderlich, die Produkte mit dafür geeigneten Systemen zu produzieren. Um die Produktion stets optimal zu betreiben, ist ein kontinuierliches Überprüfen und Anpassen der Produktionstypen, der Termin- und Kapazitätsplanung und des Layouts erforderlich.

4.3.1 Produktionstypen

Für die Art und Weise, wie die einzelnen Produktionsfaktoren kombiniert werden müssen, um den geforderten Output zu erzeugen, ist es entscheidend, in welcher Art und Menge die Güter hergestellt werden müssen. Um eine geeignete Organisation der Fertigungssysteme auswählen zu können, ist es erforderlich zu wissen, welcher Prozesstyp, womit der Wiederholungsgrad der Produktion dargestellt wird, und welcher Auftragsstyp, worunter die Produkt-Markt-Beziehung verstanden wird, vorliegt.⁵⁸

Mit dem **Prozesstyp** wird angegeben wie und in welcher Menge Produkte produziert werden. Dabei kann zwischen Massenfertigung, Sortenfertigung, Serienfertigung und Einzelfertigung unterschieden werden. Von **Massenfertigung** wird gesprochen, wenn große Mengen von homogenen Produkten für einen anonymen Markt produziert werden. Durch die großen Stückzahlen und gleichbleibenden Produktionsschritte eignet sich Massenfertigung sehr gut für Rationalisierung und Automatisierung, wodurch die Kosten pro Einheit kontinuierlich gesenkt werden

⁵⁷ Vgl. Müller-Herbers (2007) S. 27ff

⁵⁸ Vgl. Buzacott; Rücker; Schneider (2005) S. 7ff

können. **Sortenfertigung** liegt vor, wenn verschiedene Varianten von gleichartigen Produkten nacheinander gefertigt werden, jedoch der Herstellungsprozess und die verwendeten Materialien gleich bleiben. Die gefertigten Produkte unterscheiden sich nur in Gestalt, Abmessung oder Funktionalität. Unter **Serienfertigung** wird die auf eine definierte Stückzahl begrenzte Produktion von gleichartigen Produkten verstanden, welche in der Fertigung unterschiedliche Prozessschritte und Materialien benötigen. Die Fertigung kann dabei auf unterschiedlichen, aber auch auf den gleichen Produktionsanlagen erfolgen, wobei darauf zu achten ist, dass wenn die Fertigung auf nur einer Anlage erfolgt, diese oftmals umgerüstet werden muss. Je nachdem in welcher Menge die Produkte gefertigt werden, wird zwischen Klein-, Mittel- und Großserienfertigung unterschieden. Unterschieden muss hierbei zwischen Serienfertigung und der Fertigung von Losen werden. Lose bezeichnen zwar auch eine bestimmte Fertigungsanzahl von gleichartigen Produkten, jedoch können diese immer wieder aufgelegt werden. Es werden dabei Fertigungslose, welche ohne erhebliche Unterbrechung auf einem Produktionssystem produziert werden können, und Transportlose, welche optimal mit einem Transportvorgang transportiert werden können, unterschieden. Bei der **Einzelfertigung** werden sozusagen Unikate gefertigt, da die Produkte einmalig und individuell auf den Kunden abgestimmt produziert werden. Dabei handelt es sich um Sonder- bzw. Maßanfertigungen, wie zum Beispiel Sondermaschinen bzw. -anlagen.⁵⁹

Der **Auftragstyp** zeigt das Verhältnis zwischen Produktionssystem und Markt bzw. Kunden, wobei zwischen angebots- und nachfrageorientierter Produktion unterschieden wird. **Angebotsorientierte Produktion** wird auch als Make-to-stock bezeichnet. Dabei werden üblicherweise in Großserien- oder Massenfertigung standardisierte Endprodukte produziert und in einem Fertigwarenlager eingelagert. Hingegen wird bei der **nachfrageorientierten Produktion**, welche auch als Make-to-order bezeichnet wird, in Einzel- oder Kleinserienfertigung anhand einer fixen Kundenbestellung produziert. Ein Einlagern ist nicht vorgesehen. In einem mehrstufigen Produktionssystem, wo durch verschiedene Produktionsstadien und

⁵⁹ Vgl. Zsifkovits (2013) S. 120f

dem Zeitpunkt ab wann ein Artikel bzw. eine Baugruppe einem fixen Auftrag zugeordnet werden kann, können diese beiden Auftragsstypen auch kombiniert werden. Dabei werden standardisierte Einzelteile bzw. Unterbaugruppen in fertigungsoptimalen Losgrößen auf Lager produziert, die Produktion des Endproduktes erfolgt jedoch nur auf fixe Kundenaufträge.⁶⁰

Aus dem Prozesstyp und dem Auftragsstyp lässt sich die **Fertigungsorganisation** definieren. Darunter wird die räumliche und zeitliche Abstimmung der Arbeitskräfte und Betriebsmittel in einem Fertigungssystem verstanden. Dabei kann zwischen Funktionsprinzip und Objektprinzip unterschieden werden. Beim **Funktionsprinzip** werden alle Arbeitssysteme/Maschinen, welche die gleiche Funktion ausführen, in einer Werkstatt zusammengefasst, z.B. in Dreherei und Fräseerei. Werden die Arbeitssysteme anhand des Ablaufs der Bearbeitung nach dem Arbeitsplan eines zu fertigenden Produktes angeordnet, spricht man von einem **Objektprinzip**. Ebenfalls kann noch zwischen ortsveränderlicher, wo sich das Werkstück im Fertigungssystem bewegt, und ortsgebundener Organisation, wo das Werkstück an derselben Stelle verweilt, differenziert werden. Anhand dieser Grundprinzipien können die Fertigungsorganisationen abgeleitet werden, nachfolgend werden die wichtigsten Organisationstypen für produzierende Betriebe dargestellt.⁶¹

Werkstattfertigung

Bei der Werkstattfertigung werden alle Arbeitssysteme räumlich zusammengefasst welche die gleiche Funktion aufweisen, wodurch unterschiedliche Werkstätten entstehen. Die zu fertigenden Produkte werden dabei anhand der Reihenfolge ihrer Bearbeitung an die einzelnen Werkstätten angeliefert, wobei Werkstätten mehrfach bzw. gar nicht angesteuert werden können. Der große Vorteil dieser Organisation ist, dass der Ablauf nicht starr vorgegeben ist und daher die Betriebsmittel flexibel und mit optimaler Kapazitätsauslastung betrieben werden können. Jedoch bedingt die Werkstattfertigung einen hohen Koordinations- und Planungsaufwand, um die Produkte effizient durch die Fertigung zu bringen und es können

⁶⁰ Vgl. Buzacott; Rücker; Schneider (2005) S. 7f

⁶¹ Vgl. Zsifkovits (2013) S. 121f

durch die räumliche Aufteilung der Arbeitssysteme lange Transportwege entstehen.⁶²

Fließfertigung

In einer Fließfertigung ist die Anordnung der Arbeitssysteme auf das zu fertigende Produkt ausgelegt, die Arbeitssysteme werden also nach dem Objektprinzip ausgerichtet. Da in der Fließfertigung ein örtlich fortschreitender, zeitlich definierter und lückenloser Ablauf der einzelnen Schritte eines Arbeitsplans erfolgt, eignet sie sich hervorragend für die Massenproduktion und Großserienfertigung, da hier ein hoher Wiederholungsgrad des Produktionsprozesses vorliegt. Die größten Vorteile der Fließfertigung sind die relativ einfache operative Steuerung des Ablaufs der Fertigung, kurze Transportwege und keine bzw. nur geringe Zwischenlager, was jedoch einen großen Planungsaufwand beim Serienanlauf bedingt. Durch den starren Produktionsablauf weist diese Organisation jedoch eine geringe Flexibilität auf und durch die Investition in spezialisierte Betriebsmittel entstehen hohe Fixkosten, weshalb eine große Stückzahl gleichartiger Produkte gefertigt werden sollte, um diese Kosten aufteilen zu können. Eine Unterscheidung kann dabei noch anhand der zeitlichen Koordination und der Art des Materialflusses in Reihenfertigung, Fließbandfertigung und Transferstraße erfolgen. Bei der Reihenfertigung werden die Arbeitssysteme anhand der zu durchlaufenden Arbeitsschritte angeordnet, jedoch ist eine zeitliche Taktung der Arbeitsschritte nicht zwingend notwendig. Im Gegensatz dazu sind bei der Fließbandfertigung die Arbeitsschritte zeitlich zueinander abgestimmt, wodurch der Einsatz von Fließbändern möglich ist. Transferstraßen sind ähnlich wie die Fließbandfertigung aufgebaut, der Materialfluss wird jedoch zeitlich und physisch geregelt. Das zu fertigende Produkt wird dabei mit einem Transportsystem fix verbunden, wodurch der Einsatz eines automatischen Fördersystems möglich ist. Die Transferstraße kann somit als automatisierte Fließbandfertigung gesehen werden.⁶³

⁶² Vgl. Buzacott; Rücker; Schneider (2005) S. 10

⁶³ Vgl. Zsifkovits (2013) S. 124ff

Gruppenfertigung

Bei der Gruppenfertigung werden die Vorteile von Werkstattfertigung und Fließfertigung verbunden. Dabei werden ähnliche Produkte zu Produktfamilien und die für die Produktion benötigten Arbeitssysteme zu Maschinengruppen zusammengefasst. Da die benötigten Betriebsmittel räumlich und organisatorisch zusammengefasst werden, können Transportwege und -zeiten minimiert werden, da kein Transport zwischen einzelnen Werkstätten erforderlich ist. Jedoch können hohe Investitionskosten entstehen, wenn gleiche Betriebsmittel in mehreren Maschinengruppen benötigt werden und es kann zu einer geringen Kapazitätsauslastung der einzelnen Betriebsmittel kommen.⁶⁴

4.3.2 Termin- und Kapazitätsplanung

Die Hauptaufgabe der Termin- und Kapazitätsplanung ist die zeitliche Koordination von Produktionsabläufen und die Bereitstellung der benötigten Kapazitäten für die Abarbeitung der vorhandenen Produktionsaufträge. Sie ist Bestandteil der Produktionsplanung und -steuerung. Um diese Aufgaben realisieren zu können, werden eine Durchlaufterminierung und anschließend eine Kapazitätsterminierung durchgeführt.⁶⁵

Die **Durchlaufterminierung** definiert die terminliche Reihenfolge von Produktionsaufträgen, welche sich durch die Mengenplanung ergeben und anhand der vorgegebenen Arbeitsschritte, welche in der Fertigung durchlaufen werden müssen. Es werden die Start- und Endtermine jedes Arbeitsganges der einzelnen Produktionsaufträge auf den erforderlichen Arbeitssystemen unter Berücksichtigung von Betriebskalendern und Schichtplänen ermittelt. Mithilfe dieser definierten Termine wird auch die Bereitstellung von Material, Werkzeugen, Arbeitskräften und Betriebsmitteln gesteuert. Um die Start- und Endtermine ermitteln zu können, wird bei der Durchlaufterminierung die definierte Durchlaufzeit der Produktionsaufträge in den Betriebskalender übertragen. Die häufigsten Verfahren der Durchlauftermi-

⁶⁴ Vgl. Zsifkovits (2013) S. 124ff

⁶⁵ Vgl. Buzacott; Rücker; Schneider (2005) S. 67

nierung sind die Vorwärts-, Rückwärts- und die Mittelpunkt- bzw. Engpassterminierung.⁶⁶

Die **Vorwärtsterminierung** hat als Ausgangspunkt einen definierten Starttermin für die Auftragsbearbeitung, welcher oftmals durch die Materialverfügbarkeit vorgegeben wird. Von diesem Zeitpunkt ausgehend werden anhand der vorgegebenen Durchlaufzeit die Start- und Endtermine der einzelnen zu durchlaufenden Arbeitsschritte ermittelt. Der Endtermin des letzten Arbeitsganges ist gleichzeitig der bestmögliche Endtermin für die Auftragsfertigstellung. Durch einen Vergleich mit dem geforderten Liefertermin des Kunden kann sich entweder ein Zeitpuffer für die Auslieferung oder eine Terminverzögerung in der Auslieferung des Auftrages ergeben.⁶⁷

Bei der **Rückwärtsterminierung** ist der Ausgangspunkt der geforderte Fertigstellungstermin des Auftrages. Dieser Termin wird als Endtermin des letzten Arbeitsschrittes gesehen. Ausgehend von diesem Termin werden durch Rückwärtsrechnung und unter Berücksichtigung der Durchlaufzeit der einzelnen Arbeitsschritte die erforderlichen Start- und Endtermine der einzelnen vorgelagerten Arbeitsgänge ermittelt, woraus sich der erforderliche Starttermin für den Auftrag ergibt. Liegt der Starttermin in der Zukunft und ist das benötigte Material zu diesem Zeitpunkt bzw. früher verfügbar erhält man einen Puffer, liegt das Datum in der Vergangenheit bzw. ist die Materialverfügbarkeit nicht gewährleistet, kann der Endtermin nicht gehalten werden, da man im Rückstand ist.⁶⁸

Eine Kombination dieser beiden Verfahren stellt die **Mittelpunkt- oder Engpass-terminierung** dar. Dabei wird von jenem Arbeitsgang bzw. Betriebsmittel ausgegangen, welcher eine beschränkte Kapazität aufweist bzw. welches mit einer möglichst großen Auslastung betrieben werden soll. Die Ermittlung des frühesten Starttermins erfolgt durch Rückwärtsterminierung der dem Engpass vorgelagerten Arbeitsschritte, die Bestimmung des Endtermins erfolgt durch Vorwärtsterminierung der dem Engpass nachgelagerten Arbeitsschritte. Ob eine Terminabweichung

⁶⁶ Vgl. Buzacott; Rücker; Schneider (2005) S. 67ff

⁶⁷ Vgl. Buzacott; Rücker; Schneider (2005) S. 67ff

⁶⁸ Vgl. Buzacott; Rücker; Schneider (2005) S. 67ff

bzw. ein Puffer vorliegt, wird durch Vergleich von gefordertem Liefertermin des Kunden und realisierbarem Endtermin für die Auftragsfertigstellung ermittelt.⁶⁹

Damit eine Durchlaufterminierung erfolgen kann, ist es erforderlich zu wissen, welche Zeit benötigt wird, um einen Arbeitsgang abzuschließen bzw. um den gesamten Auftrag zu erledigen. Die Zeit, die zwischen dem Beginn eines Arbeitsganges bzw. Auftrages und dem Abschluss desselben vergeht, nennt man Durchlaufzeit. Die **Durchlaufzeit** wird üblicherweise durch Zeitaufnahmen oder Erfahrungswerte ermittelt. Die Durchlaufzeit setzt sich aus der Durchführungszeit und verschiedenen Zwischenzeiten zusammen. Die **Durchführungszeit** setzt sich aus der Zeit, welche für die Be- und Verarbeitung von Produkten benötigt wird und der Rüstzeit, welche für die Vorbereitung des Arbeitssystems benötigt wird, zusammen. Mit den **Zwischenzeiten** werden die Transportzeit, welche für den Transport der Ware zwischen den Arbeitssystemen benötigt wird, ablaufbedingte Liegezeit, welche aus technologischer Sicht erforderlich ist, wie z.B. Zeit für das Aushärten von Lacken, störungsbedingte Liegezeiten, welche durch Störungen im Arbeitssystem entstehen, Liegezeit durch Lagerung, z.B. in Pufferlagern vor Arbeitssystemen, Kontrollzeit, für Prüfungen durch die Qualitätssicherung, Zeit für logistische Tätigkeit, wie Sortieren oder Verpacken und Fehlerbehebungszeit erfasst. Die Durchlaufzeit wirkt sich neben der Planungsqualität auch auf die Kosten und das Risiko für Störungen in einem Produktionsprozess aus. Daher sollten die Durchlaufzeiten möglichst kurz gehalten werden und der Produktionsablauf entsprechend gestaltet werden, dass nur wertschöpfende Tätigkeiten erfolgen, für welche der Kunde auch bereit ist zu bezahlen. Nicht wertschöpfende Tätigkeiten, wie die Transport und Liegezeiten, aber auch die Prüfzeiten, sollten möglichst durch entsprechende technologische oder organisatorische Maßnahmen vermieden werden.⁷⁰ Mithilfe von Überlappung, Splittung oder Losteilung kann die Durchlaufzeit eines Auftrages reduziert werden, sofern dieser mehrere Bearbeitungsschritte enthält. Bei **Überlappung** wird nicht gewartet, bis das gesamte Los den ersten Bearbeitungsschritt durchlaufen hat, sondern es werden Teile des Loses bereits vorab an den nächsten Bearbeitungsschritt weitergegeben und bearbeitet. Durch

⁶⁹ Vgl. Buzacott; Rücker; Schneider (2005) S. 67ff

⁷⁰ Vgl. Zsifkovits (2013) S. 112ff

die parallele Bearbeitung in Stufe 1 und 2 verringert sich die Gesamtdurchlaufzeit, jedoch steigt der Aufwand für den Transport proportional zur Teillosanzahl. Unter **Splitting** wird verstanden, dass ein Los in mindestens zwei Bearbeitungslose geteilt wird, welche auf ebenso vielen Arbeitssystemen parallel bearbeitet werden, wodurch sich zwar die Gesamtdurchlaufzeit verringert, jedoch die Kosten für das Rüsten der Arbeitssysteme proportional zur Anzahl der Bearbeitungslose steigen. Die **Losteilung** spaltet ein vorgegebenes Fertigungslos in Teillose auf und behandelt ein Teillos bevorzugt und lässt die übrigen Teillose zurück. Hier wird die Gesamtdurchlaufzeit zwar nicht verringert, es können jedoch die wichtigsten (Teil-) Bedarfe vorab gedeckt werden.⁷¹

Eine weitere wichtige Zeit für die Kapazitätsplanung im Unternehmen ist die **Taktzeit**. In einer kundenorientierten Produktion wird vorausgesetzt, dass die geforderten Produkte in einem definierten Zeitrahmen produziert werden können. Die Taktzeit wird durch die geforderten Mengen der nachgelagerten Prozesse (üblicherweise Kunden) bestimmt und zeigt das Zeitfenster, welches für die Fertigung eines Produktes durch einen vorgelagerten Prozess verfügbar ist. Die Taktzeit wird grundsätzlich durch die Division der verfügbaren Nettoarbeitszeit im betrachteten Zeitraum durch die zu produzierende Menge im betrachteten Zeitraum ermittelt. Durch ihre Definition könnte die Taktzeit auch durch die zu produzierende Tagesmenge bestimmt werden, wodurch sie von Tag zu Tag unterschiedlich sein würde. Aufgrund einer besseren Planbarkeit für die Produktionsabläufe wird die Taktzeit jedoch üblicherweise über einen längeren Zeitraum fixiert. Um einen reibungslosen Produktionsfluss und die Erfüllung von Kundenbedürfnissen gewährleisten zu können, sollte die vorgegebene Taktzeit unbedingt durch die einzelnen Prozesse eingehalten werden. Nicht verwechselt werden sollte die Taktzeit mit der Zykluszeit, welche die Zeitspanne darstellt, die zwischen der Fertigstellung eines Artikels und der Fertigstellung des nachfolgenden Artikels vergeht. Idealerweise sollten diese Zeiten jedoch identisch sein. Der Arbeitsinhalt der einzelnen Takte

⁷¹ Vgl. Buzacott; Rücker; Schneider (2005) S. 71f

muss so gestaltet werden, dass dieser innerhalb der vorgegebenen Zeit durch einen oder wenn möglich durch mehrere Mitarbeiter abgearbeitet werden kann.⁷²

Bei der Durchlaufterminierung wird üblicherweise mit unbegrenzten Kapazitäten gerechnet. Da die Kapazitäten jedoch nur begrenzt zur Verfügung stehen, ist im Anschluss an die Durchlaufterminierung eine Kapazitätsterminierung erforderlich. Bei der **Kapazitätsterminierung** erfolgt eine zeitliche Abstimmung der um die begrenzten Kapazitäten konkurrierenden Fertigungsaufträge. Für die Kapazitätsterminierung werden alle Aufträge anhand ihrer Start- und Endtermine eingegeben und die benötigten Kapazitäten pro Arbeitssystem ermittelt. Dies kann mithilfe eines Belastungskontos bzw. eines Belastungsdiagramm für jede Kapazitätseinheit erfolgen. Diese benötigten Kapazitäten für die Produktion der vorhandenen Fertigungsaufträge werden mit den verfügbaren Kapazitäten pro Arbeitssystem verglichen. Der betrachtete Zeitraum kann dabei je nach Erfordernis definiert werden. Durch den Vergleich von benötigter und vorhandener Kapazität ist ersichtlich, ob eine Über- oder Unterauslastung der Arbeitssysteme vorliegt. Um die Kapazitätsnachfrage und das Kapazitätsangebot aneinander anzupassen stehen die Möglichkeiten der quantitativen, der intensitätsmäßigen und der zeitlichen Anpassung zur Verfügung. Bei der **quantitativen Anpassung** wird das Kapazitätsangebot an die Kapazitätsnachfrage durch Erhöhung bzw. Reduktion von Kapazitäten angepasst. Dies kann durch Zu- bzw. Abschalten von Betriebsmitteln (Reservekapazitäten) erfolgen. Bei der **zeitlichen Anpassung** erfolgt die Anpassung der Kapazitäten durch Erhöhung bzw. Verringerung der produktiven Arbeitszeit. Dies kann durch den Aufbau von Überstunden bzw. Urlaubsabbau oder Kurzarbeit erfolgen. Die **intensitätsmäßige Anpassung** erfolgt durch Veränderung der Produktionsrate, wofür jedoch technologische Voraussetzungen gegeben sein müssen. Welche Anpassungsart angewandt wird, hängt von technischen und organisatorischen Möglichkeiten ab und kann von Fall zu Fall variieren. Zu beachten sind neben den internen Möglichkeiten jedoch auch die Auswirkungen auf die Produktionskosten, welche sich z.B. durch Zuschläge für Überstunden erhöhen können. Können die Kapazitäten nicht angepasst werden bzw. rentieren sich die Kosten für die Anpas-

⁷² Vgl. Syska (2006) S. 145

sung nicht, müssen die Liefertermine für die zu fertigenden Produkte verschoben werden.⁷³

4.3.3 Layout

Unter Layout versteht man die räumliche Anordnung betrieblicher Struktureinheiten. Das Layout baut auf den verschiedenen Ebenen einer Fabrik auf. Anhand unterschiedlicher Abstraktionsniveaus mit stetig steigender Detaillierung ergeben sich mehrere Layoutarten. Bei einem **Werkslayout** wird ein Gesamtüberblick über alle Struktureinheiten am Fabrikgelände gegeben. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf der Lage von Straßen und Gebäuden. In einem **Groblayout** werden die einzelnen Produktionsbereiche in einem Gebäude dargestellt, mit dem Hauptaugenmerk auf die interne Logistik. Dazu werden die Transport- und Materialflüsse dargestellt. Zusätzlich können noch Erweiterungsmöglichkeiten für Produktionsflächen berücksichtigt werden. Mit einem **Feinlayout** werden in einem bestimmten Bereich, z.B. einer Werkstätte, die genauen Positionen und die Anordnung der einzelnen Betriebsmittel dargestellt. Zusätzlich werden die Gebäudetechnik und die Medienversorgung abgebildet. Mit dem **Arbeitsstationslayout** wird die genaue Anordnung aller Maschinen, Werkzeuge und Materialien aufgezeigt.⁷⁴

Die **Strukturplanung** erfolgt üblicherweise in drei Planungsschritten. Der Analyse der Planungselemente, der Idealplanung und der Realplanung. Bei der **Analyse der Planungselemente** werden zuerst die Ausgangsdaten erfasst und analysiert. Dadurch kann das Planungsproblem und das Planungsziel definiert werden. Dazu werden neben dem Ist-Zustand auch die zukünftige Entwicklung der Produkte, der Produktion und der Produktionsverfahren berücksichtigt. Ebenfalls ist es für die weitere Planung erforderlich, dass ein verbindliches zukünftiges Produktionsprogramm vorliegt, anhand diesem die Planung erfolgen kann. Die relevanten Daten

⁷³ Vgl. Buzacott; Rücker; Schneider (2005) S. 67ff

⁷⁴ Vgl. Furmans (2008) S. 317

können üblicherweise aus Informationssystem ausgelesen werden. Sind keine Daten vorhanden, müssen diese manuell ermittelt und dargestellt werden.⁷⁵

In der **Idealplanung** werden alle Struktureinheiten, ohne Berücksichtigung von realen Gegebenheiten flussgerecht räumlich angeordnet. Dabei sollten immer jene Bereiche nebeneinander angeordnet werden, zwischen denen der größte Materialfluss stattfindet. Die Idealplanung erfolgt mithilfe der Fabrikstruktur, den flächenmäßig dimensionierten Struktureinheiten und dem Materialfluss bzw. der angedachten Materialflussform. Ebenfalls sollten der Personal-, Informations- und Kommunikationsfluss bei der Erstellung berücksichtigt werden. Um trotz des stetigen Wandels der Märkte und dadurch des Produktionsprogrammes effizient und effektiv produzieren zu können, soll bei der Anordnung der Einheiten auf eine Erweiterbarkeit bzw. eine Reduzierbarkeit des Layouts geachtet werden. Einfluss auf das Layout haben auch die Produktionsmethoden und das angedachte Logistikkonzept. Als Ausgangspunkt kann das Funktionsschema dienen, da man hier die ablauf- und funktionsgerechte Zuordnung und Verknüpfung der einzelnen Bereiche sieht. Die Darstellung des Ideallayouts erfolgt oftmals durch Blöcke, welche die Grundfläche der einzelnen Bereiche darstellen.⁷⁶

Mit der **Realplanung** wird das Layout, welches in der Idealplanung erstellt wurde, unter Berücksichtigung von betrieblichen Gegebenheiten und Prämissen in ein Reallayout überführt. Dies können vorhandene Grundstücke, Gebäude bzw. Fundamente sein, welche nicht bzw. nur unter hohem Finanziellem Aufwand abgeändert werden können. Ebenso können gesetzliche Vorschriften die Planung einschränken.⁷⁷

Um die Arbeitssysteme optimal anhand des Materialflusses anordnen zu können, gibt es unterschiedliche Verfahren. Am häufigsten werden das Aufbauverfahren und das Vertauschungsverfahren angewandt.

⁷⁵ Vgl. Pawellek (2008) S. 131ff

⁷⁶ Vgl. Furmans (2008) S. 317ff

⁷⁷ Vgl. Furmans (2008) S. 317ff

Beim **Aufbauverfahren** werden die einzelnen Betriebsmittel anhand ihrer Flussbeziehungen im Layout angeordnet. Ausgehend vom Betriebsmittelpaar mit den häufigsten Flussbeziehungen zueinander, werden nach und nach jene Betriebsmittel angeordnet, welche zu den bereits platzierten Einheiten die größten Flussbeziehungen aufweisen. Dieser Ablauf wird solange durchgeführt, bis alle Betriebsmittel im Layout angeordnet sind.⁷⁸

Im Gegensatz zur systematischen Anordnung beim Aufbauverfahren wird beim **Vertauschungsverfahren** von einem vorhandenen Startlayout ausgegangen. Für die bestehende Anordnung wird der Zielfunktionswert ermittelt, welcher als Ausgangswert dient. Anschließend werden die Betriebsmittel untereinander getauscht und für die neue Anordnung der Zielfunktionswert ermittelt. Hat sich der Wert verbessert wird diese Anordnung als neues Optimum gespeichert und für den weiteren Vergleich verwendet. Für den Fall das keine Verbesserung des Zielfunktionswerts eingetreten ist, wird die Anordnung verworfen und wieder mit der Startanordnung fortgefahren. Dieses Verfahren wird solange durchgeführt, bis keine Verbesserung des Zielfunktionswertes mehr erreicht wird. Werden Einheiten mit unterschiedlichen Grundflächen vertauscht besteht bei diesem Verfahren die Gefahr, dass die neue Anordnung aufgrund von Prämissen bzw. zu geringem Platzangebot nicht realisierbar ist.⁷⁹

⁷⁸ Vgl. Pawellek (2008) S. 148ff

⁷⁹ Vgl. Pawellek (2008) S. 148ff

5 Analyse der Ist-Situation

In diesem Kapitel werden das aktuelle Montagelayout und der daraus bedingte Montageablauf dargestellt, damit die derzeitigen Abläufe besser verstanden werden können. Anschließend wird die Durchlaufzeit, welche sich durch den vorherrschenden Montageablauf ergibt, angeführt. Abschließend werden die Schwachstellen des derzeitigen Ablaufs aufgezeigt.

5.1 Aktuelles Montagelayout und Montageablauf

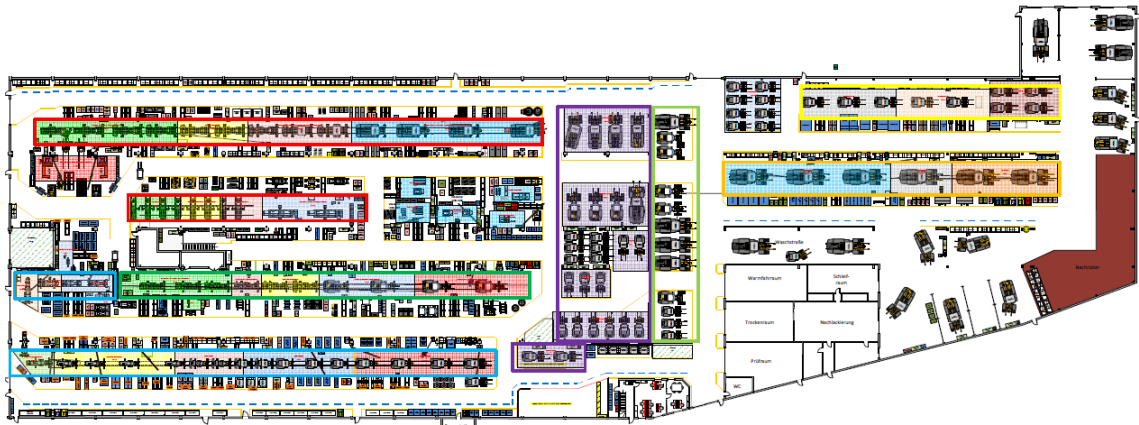


Abbildung 5: Aktuelles Montagehallenlayout⁸⁰

Um die geforderte Menge an Radladern produzieren zu können, erfolgt derzeit die Montage der einzelnen Radladertypen auf drei unterschiedlichen Montagelinien. Die Geräte werden auf den Linien mithilfe von schienengeführten Bandwägen bewegt. Am Ende der Montagelinien werden den halbfertigen Geräten die Räder montiert und der restliche Produktionsprozess wird „auf der Achse“ durchlaufen. Die Aufteilung der einzelnen Gerätetypen auf die entsprechenden Linien ist abhängig von der zu montierenden Stückzahl und der Größe des Gerätes. Auf der Kleingerätelinie (KG-Linie), welche in Abbildung 5 hellblau umrandet ist, werden die Typen L506 mit einem Einsatzgewicht von ca. 5,2 t bis zum L509 mit einem Einsatzgewicht von ca. 6,4 t montiert. Um die geforderte Stückzahl von 2158 Geräten pro Jahr bzw. 11 Geräten pro Arbeitstag produzieren zu können, musste die

⁸⁰ Montagelayout vergrößert in „Anlagen, Teil 1: aktuelles Montagelayout“ ersichtlich

Fertigungslinie bereits verlängert werden, wodurch sich zwei Linien ergeben haben. Auf der in Abbildung 5 dunkelgrün umrandeten Mittelgerätelinie (MG-Linie) werden die Geräte von L514 mit ca. 8,4 t Einsatzgewicht bis zum L542 mit ca. 13,4 t Einsatzgewicht montiert. Diese Linie läuft mit der geringsten Stückzahl von 905 Geräten pro Jahr bzw. 5 Geräten pro Arbeitstag, weshalb sie auch am kürzesten ausfällt. Um die MG-Linie auf eine höhere Stückzahl zu bringen, wurden die Stereogeräte auf zwei unterschiedliche Linien aufgeteilt. Die Geräte L507 und L509 werden auf der KG-Linie montiert, der L514 auf der MG-Linie. Auf der Großgerätelinie (GG-Linie), gekennzeichnet durch eine rote Umrandung in Abbildung 5, werden die Geräte L550 mit ca. 17,7t Einsatzgewicht bis L586 mit ca. 32,6t Einsatzgewicht gefertigt. Diese Linie musste ebenfalls verlängert werden, um die geforderten 937 Geräte pro Jahr bzw. 5 Geräte pro Arbeitstag montieren zu können.

Nachdem den Radladern die Räder montiert wurden, werden die Geräte an die sogenannten Einsteller übergeben, welche sich im lila umrandeten Bereich in Abbildung 5 befinden. Die Aufgabe der Einsteller besteht in der kurzen Überprüfung der Geräte auf Dichtheit an den Schraubverbindungen, dem anschließenden Überprüfen und gegebenenfalls Einstellen der geforderten Geräteleistung. Diese Einstellarbeiten sind oftmals notwendig, da die verbauten Komponenten gewisse Toleranzen aufweisen und es zu Leckagen an den einzelnen Schraubverbindungen kommen kann.

Wenn das Gerät von den Einstellern überprüft und die geforderte Geräteleistung gegeben ist, erfolgt die Komplettierung der Geräte. Für die Komplettierung sind zwei Montagestraßen vorgesehen. In der gelb umrandeten Montagestraße werden die Compactgeräte und die Stereogeräte komplettiert, in der orange umrandeten Montagestraße die Mittelgeräte und die Großgeräte. In der Komplettierung werden jene Artikel montiert, welche den Einsteller bei seiner Arbeit behindern, wie z.B. Verhaubungen und Geländer. Im Anschluss an die Komplettierung findet die Endkontrolle statt, wo überprüft wird, ob die geforderten Ausrüstungen und Optionen montiert wurden und ob das Gerät beschädigungsfrei ist.

Durch die ähnliche Bauweise der Geräte ist der Montageablauf auf allen drei Montagelinien nahezu identisch. Die Unterschiede sind nur geringfügig und finden eher bei der Durchlaufzeit statt, da in KG eine geringere Anzahl von Komponenten ver-

baut wird als in GG. Folgende Hauptarbeitsschritte mit den darunterliegenden Arbeitsumfängen werden im Montageablauf durchlaufen:

1. Montage Hinterwagen

Hier werden die Hinterachse, der Dieselmotor, die Batterien und das Getriebe auf den Hinterwagen montiert und elektrisch und hydraulisch installiert.

2. Montage Vorderwagen

Es werden die Vorderachse und der Steuerblock auf den Vorderwagen montiert und hydraulisch installiert. Der Steuerblock muss je nach verbauten Optionen an das Gerät angepasst (An- bzw. Abbau von Ventilen) werden.

3. Vorder- und Hinterwagen verbolzen

Vorder- und Hinterwagen werden durch Bolzen miteinander verbunden und die Lenkzylinder montiert, sowie an den Steuerblock angeschlossen. Bei den Stereoladern werden zusätzlich noch Spurstangen montiert.

4. Kühler und Kabinen aufsetzen

Hier werden das Kühlsystem und die Kabine auf den Hinterwagen aufgesetzt und elektrisch und hydraulisch installiert. Anschließend wird der Aufstieg mit den Steuerungsmodulen montiert und mit der Kabinensteuerung verbunden. Danach erfolgt die Montage des Dieseltanks mit integriertem Ad Blue Tank und der Abgasnachbehandlung. Abschließend werden die Radkästen und die Ballaste montiert.

5. Hydraulisches Verschlauchen

Hier wird der Hydrauliktank aufgesetzt, alle Hydraulikleitungen am Gerät verlegt und der Steuerblock mit den Verbrauchern verbunden.

6. Inbetriebnahme

Abschließend wird das Hubgerüst montiert, das Gerät mit den erforderlichen Medien befüllt und erstmals in Betrieb genommen. Bei den Hubgerüsten gibt es je nach Einsatzgebiet zwei Varianten: das Standard Z-Hubgerüst und das Industrie-

hubgerüst. Das Industriehubgerüst hat zusätzlich zwei Zylinder am Umlenkhebel in der Mitte des Hubgerüsts, um in der oberen Hubgerüstposition ein größeres Kraftangebot aufzubringen, wodurch ein höherer Montageaufwand als beim einfachen Z-Hubgerüst entsteht. Nach Überprüfung der Dichtheit der hydraulischen Verbindungen und einer grundlegenden Funktionskontrolle werden die Räder montiert und das Gerät an die Einsteller übergeben.

7. Einstellen

Die Einsteller stimmen die einzelnen Hydraulikkomponenten aufeinander ab, um die geforderte Leistung des Geräts zu erreichen. Ebenfalls wird das Gerät auf etwaige Leckagen überprüft. Um mögliche Probleme im Schaltverhalten oder bei den Achsen zu erkennen, wird auch eine Probefahrt durchgeführt. Im Anschluss an die Probefahrt muss das Gerät für den nachfolgenden Montageprozess (Komplettierung) gereinigt werden.

8. Zentralschmierung (optional)

Dieser Arbeitsschritt ist optional und wird nur durchgeführt, wenn der Kunde eine Zentralschmierung bestellt. Es werden auf einem Standarbeitsplatz alle Schmierpunkte am Gerät mit Schmierleitungen an die Zentralschmieranlage angeschlossen, welche in vorgegebenen Intervallen Schmierfett zu allen Schmierpunkten durch die Leitungen pumpt.

9. Komplettierung

Hier werden die Verhaubungen, die Geländer und, wenn erforderlich, Schutzgitter für die Kabine montiert. Es werden alle Aufkleber angebracht und die Ausrüstungen, wie z.B. Schaufeln oder Holzgreifer, angebaut. Nach der kompletten Montage des Geräts müssen alle Geräte noch einmal durch die Nachlackierung geschleust werden, damit die SR und die Radmuttern lackiert werden können. Der letzte Arbeitsschritt ist die Endkontrolle, danach werden die Geräte für den Versand bereitgestellt.

Diese neun Schritte sind die übergeordneten Arbeitsschritte, welche in der Endmontage durchlaufen werden müssen. Diese übergeordneten Arbeitsschritte sind

in untergeordnete Arbeitsschritte unterteilt, welche die einzelnen Takte darstellen. Je nachdem, welcher Arbeitsumfang in einem Takt erledigt werden muss, können mehrere Personen gleichzeitig im Takt am Gerät arbeiten, wodurch die Kapazität des Arbeitsplatzes steigt und die Gerätedurchlaufzeit verringert werden kann.

Vorgelagert zur Montage auf der Montagelinie finden auch sogenannte Vormontagen statt. Diese Vormontagen erfolgen jedoch nicht am Standort in Bischofshofen, sondern in einer angemieteten Halle 30 Kilometer entfernt, da in Bischofshofen nicht ausreichend Platz verfügbar ist. In dieser ausgelagerten Vormontage werden die Kühlereinheiten und die Kabinen montiert. Die Kühlereinheiten und Kabinen werden kundenspezifisch für jedes Gerät montiert und entsprechend der Montage-reihenfolge dreimal täglich nach Bischofshofen transportiert.

Der rote Bereich auf der rechten Seite des Layouts ist der sogenannte Umbau. Hier werden nachträgliche Kundenwünsche am Gerät montiert. Ebenfalls werden hier Reparaturen, Nachrüstungen und Sonderanbauten am Geräte durchgeführt.

5.2 Darstellung der aktuellen Durchlaufzeit

In nachfolgender Abbildung ist ersichtlich, wie sich die Durchlaufzeit der Großgeräte zusammensetzt:

Afo, Pos	Standardzeit TE/min	TE/h	Kapazität h/Tag/KST	WZ Tage	Bezeichnung Kostenstelle	DLZ pro AG	Kommentar
10	765	12,75	7,80	0,00	VM Kühlsystem		VM nicht in DLZ
20	1091	18,18	7,80	0,00	VM Kabine		VM nicht in DLZ
30	199	3,32	7,80	0,00	MONT. DIESELMOTOR LINIE 3+4	0,43	
40	88	1,47	7,80	0,00	MONT. GETRIEBE	0,19	
60	329	5,48	15,60	0,00	MONT. HINTERWAGEN	0,35	
80	192	3,20	7,80	0,00	MONT. ELEKTRIK, MOTOR AUFSETZEN	0,41	
90	349	5,82	15,60	0,00	HW HYDRAULISCH VERSCHLAUCHEN	0,37	
100	226	3,77	7,80	0,00	HYDR. TANK, KÜHLER	0,48	
120	170	2,83	7,80	0,00	MONT. VORDERWAGEN	0,36	
140	333	5,55	7,80	0,00	VW+HW VERBOLZEN, BALLAST	0,71	
150	229	3,82	15,60	0,00	VW+HW FERTIG VERSCHLAUCHEN	0,24	
160	401	6,68	15,60	0,00	MONT. KABINE; AUFSTIEG, KFST. TANK	0,43	
190	376	6,27	15,60	0,00	MONT. HUBGERÜST, INBETRIEBNAHME	0,40	
200	0	0,00	7,80	1,80	Steuerung WZ	1,80	WZ für Optionen
210	758	12,63	15,60	0,00	EINSTELLEN, PRÜFEN GG	0,81	
220	0	0,00	7,80	1,80	Steuerung WZ	1,80	WZ für Optionen
240	283	4,72	15,60	0,00	KOMPLETTIEREN GG 1	0,30	
250	287	4,78	15,60	0,00	KOMPLETTIEREN GG 2	0,31	
260	21	0,35	7,80	0,00	KOMPLETTIEREN GG 3	0,04	
270	262	4,37	15,60	0,00	NACHLACKIERUNG	0,28	
290	0	0,00	7,80	3,30	Steuerung WZ	3,30	WZ für Optionen
310	90	1,50	7,80	0,00	ENDKONTROLLE	0,19	
	4503	105,98		6,90		13,02	DLZ Montagelinie
	1856	30,93					Montagezeit VM
	6359	136,92					Montagezeit ges.

Abbildung 6: IST-Durchlaufzeit Großgeräte⁸¹

Aktuell haben die Großgeräte eine eingestellte Durchlaufzeit von 13,02 Arbeitstagen (AT), welche sich aus den in Abbildung 6 ersichtlichen Standardzeiten und Wartezeiten zusammensetzt. Unter Standardzeit wird jene Zeit verstanden, welche für die Montage eines Gerätes ohne Optionen auf den jeweiligen Arbeitsplätzen benötigt wird. Mittels der Standarddurchlaufzeit werden die geplanten Start- und Endtermine für die Geräte und der einzelnen Arbeitsschritte mithilfe der Rückwärtsterminierung festgelegt und die Materialdisposition anhand dieser Terminalschiene gesteuert. Wenn die Geräteausführung bekannt ist, wird die so-

⁸¹ Eigene Darstellung mit Daten aus LBH-ERP-System BaaN

nannte Gerätedurchlaufzeit ermittelt. In der Gerätedurchlaufzeit sind auch die Montagezeiten für die verbauten Optionen berücksichtigt, weshalb diese Durchlaufzeit üblicherweise länger ist als die Standarddurchlaufzeit. Damit dem Kunden kein nicht einhaltbarer Liefertermin angegeben wird, wird zusätzlich zur Standarddurchlaufzeit die sogenannte „Steuerung Wartezeit“ berücksichtigt. Diese Wartezeit entspricht jener Montagezeit, welche ein Gerät benötigen würde, in welchen alle möglichen Optionen verbaut sind. Alle Arbeitsplätze sind so ausgelegt, dass die Standarddurchlaufzeit zuzüglich 15 Prozent Montagezeit für Optionen abgearbeitet werden können, da nahezu jedes Gerät eine gewisse Anzahl an Optionen verbaut hat. Steigt der Kapazitätsbedarf eines Arbeitsplatzes über das vorhandene Kapazitätsangebot, wird zur Abdeckung dieser Spitzen zusätzliches Personal (Springer) zu diesem Arbeitsplatz geschickt. Dadurch wird vermieden, dass die Taktzeit nicht eingehalten wird und das Montageband nicht durch die optionslastigen Geräte aufgehalten wird. Die Durchlaufzeit der Kleingeräte beträgt 6,41 AT, wobei 3,9 AT davon Wartezeit für Optionen sind. Die Durchlaufzeit der Mittelgeräte beträgt 10,99 AT mit 6,9 AT Wartezeit. Der hohe Anteil an Wartezeit bei den Mittelgeräten ergibt sich aus den vielen unterschiedlichen Einsatzmöglichkeiten für diese Geräte und der daraus resultierenden hohen Anzahl an Optionen. Alle Durchlaufzeiten und Montagezeiten werden durch Zeitaufnahmen direkt am Montageband und in den Vormontagen ermittelt. Da anhand der Montagezeiten auch der Akkordlohn berechnet wird, werden diese in regelmäßigen Abständen (aktuell alle 2 Jahre) bzw. bei Unregelmäßigkeiten in der Abrechnung sofort neu aufgenommen und überprüft. Wie sich die Durchlaufzeiten der Klein- und Mittelgeräte zusammensetzen, ist in „Anlagen, Teil 2: Durchlaufzeiten“ ersichtlich.

5.3 Probleme im aktuellen Montageprozess

Nachfolgend werden einige Probleme im aktuellen Montageprozess aufgelistet und kurz erläutert. Die nachfolgenden Probleme sollten möglichst durch das neu gestaltete Layout und einem neuen Montageprozess beseitigt werden:

1. Aufteilung der Stereogeräte auf 2 Linien

Durch die geringe Stückzahl der Mittelgeräte wurden die Stereolader auf Montageband 1 und Montageband 3 aufgeteilt. Hier entstand das Problem, dass sich der L514 von der Bauform komplett von den übrigen Mittelgeräten unterscheidet. Daher können die einzelnen Arbeitsplätze nicht spezialisiert auf eine Plattform eingerichtet werden, sondern es kommt zu Kompromisslösungen, wodurch die Montagearbeiten teilweise umständlicher werden. Auf Montagelinie 1 wurden im Jahr 2013 die kleinsten Stereolader durch die Compactlader ersetzt. Die Compactplattform weist ebenfalls eine komplett unterschiedliche Bauform zu den Stereogeräten auf, weshalb auch auf Montagelinie 1 Kompromisse bei der Arbeitsplatzgestaltung eingegangen werden mussten. Die unterschiedlichen Bauformen und Montageprozesse zeigen sich auch in der Durchlaufzeit. Die Compactlader könnten schneller montiert werden, da sie eine geringere Optionsanzahl aufweisen und weniger Komponenten montiert werden müssen, sie werden jedoch durch die aufwändigeren Stereogeräte gebremst.

2. Zentralschmieranlage in Standmontage

Die Zentralschmieranlagen werden auf einem Standplatz komplett montiert. Diese Standplatzmontage ist historisch gewachsen, da Zentralschmieranlagen bis vor 8 Jahren eine eher seltene Option waren und die Integration dieser Montage ins Montageband zu zeitintensiv und nicht rentabel gewesen wäre. In den letzten Jahren wurde bei ca. 80% der Geräte eine Zentralschmieranlage verbaut, mit steigender Tendenz, weshalb die aufwendige Standmontage möglichst in den Montagefluss integriert werden soll.

3. Nur 2 Komplettierlinien

Bei der Komplettierung sind aufgrund der aktuellen Platzverhältnisse und dem geringen Montageumfang nur zwei Linien vorgesehen. Durch die Kombination von jeweils zwei unterschiedlichen Plattformen sind die Arbeitsplätze nicht optimal gestaltet und die Platzverhältnisse sehr eng. Ebenfalls werden vor der Komplettierung Pufferplätze für die Geräte benötigt, da die Stückzahl, welche von den Montagebändern/Einstellern kommt, nicht sofort eingeschleust werden kann.

4. Unterschiedliche Gerätedurchlaufzeiten aufgrund von Optionen

Da nahezu alle Optionen auf der Linie montiert werden, ergeben sich teilweise große Unterschiede in der Gerätedurchlaufzeit. Durch diese unterschiedlichen Durchlaufzeiten ist es der Intralogistik nicht möglich, das benötigte Material Just-in-Time an die Montagebänder zu liefern, da es im System theoretisch möglich ist, dass ein optionslastiges Gerät von einem optionsarmen Gerät mit geringerer Montagezeit „überholt“ wird. Im ERP-System kann nicht abgebildet werden, dass die höhere Montagezeit durch zusätzliches Personal abgearbeitet wird bzw. das optionsarme Gerät einen Leertakt durchläuft. Daher müssen immer alle Geräte, welche am selben Tag montiert werden, gemeinsam kommissioniert werden, wodurch es zu hohen Lagerbeständen an den Montagelinien kommt.

5. Ausrüstungsmontage in der Komplettierung

Unter Ausrüstungen werden alle Anbaugeräte, wie z.B. Schaufeln, Holzgreifer oder Gabelzinken, verstanden, welche ein Radlader verwenden kann. Ausrüstungen werden oftmals noch kurz vor Auslieferung des Gerätes vom Kunden geändert und sind daher für die Montage nicht zum benötigten Zeitpunkt zur Verfügung. Sobald die Materialverfügbarkeit gegeben ist, muss das Gerät nochmals in die Komplettierung eingeschleust werden und belegt nur den Ausrüstungsmontageplatz, wodurch der Ablauf der Linie gestört wird und die restlichen Geräte aufgehalten werden. Ebenfalls benötigen Ausrüstungen viel Platz und weisen stark unterschiedliche Montagezeiten auf.

6. Ausschleusen für Einstellarbeiten

Durch die unterschiedlichen verbauten Optionen in den Geräten ergeben sich auch stark unterschiedliche Zeitaufwände für das Einstellen dieser. Durch die stark schwankenden Zeiten für das Einstellen sind vor und nach den Einstellern Pufferplätze und Wartezeiten vorgesehen.

7. Wartezeit für Optionen

Da viele Optionen auf der Montagelinie montiert werden, muss die Standarddurchlaufzeit mithilfe von Wartezeiten künstlich verlängert werden, um den Kunden keine unrealistischen Liefertermine zu nennen. Diese Wartezeiten sollten möglichst durch Verlagerung von optionalen Arbeitsumfängen in Vormontagen verringert werden, wodurch die Durchlaufzeit gesenkt und der Lagerbestand in der Endmontage verringert werden kann.

8. Viele Vormontagearbeiten an der Linie

Da am Standort kein Platz verfügbar ist und auch die angemietete Halle für Vormontagen bereits ausgelastet ist, werden viele Vormontagen an der Linie von den Mitarbeitern erledigt. Würden diese Vormontagetätigkeiten in einem separaten Bereich, parallel zur Gerätemontage auf der Linie, erfolgen, könnte die Gerätedurchlaufzeit reduziert werden.

9. Nachlackierung

Um ein einheitliches Erscheinungsbild der Radlader zu gewährleisten, müssen alle Geräte nach der Komplettierung durch die Nachlackierbox geschleust werden. Dies ist erforderlich, da unterschiedliche Radmuttern aus unterschiedlichen Materialien verbaut werden.

Die größten Probleme im aktuellen Montageprozess entstehen durch die vorhandenen Kompromisslösungen auf den Montagelinien und in der Komplettierung, welche sich durch die gemeinsame Montage von unterschiedlichen Plattformen auf den Montagelinien ergeben, sowie dem historisch gewachsen und nicht an die neuen Bedürfnisse und Anforderungen der Kunden angepassten Montageprozess. Ebenso werden viele Arbeiten, welche parallel in Vormontagen erfolgen könnten, aufgrund von fehlenden Vormontagemöglichkeiten an der Linie durch die Montagemitarbeiter durchgeführt, wodurch die Durchlaufzeit erhöht wird.

6 Mögliche Montagekonzepte und Vormontagen

In diesem Kapitel sollen potentielle Montagekonzepte prinzipiell dargestellt und kurz erläutert werden, womit die in Kapitel 5.3 definierten Probleme reduziert bzw. gänzlich beseitigt werden können. Abschließend sollen in Kapitel 6.7 mögliche Vormontagen definiert werden, um die Durchlaufzeit am Montageband zu verringern und die Montagezeitschwankungen, welche sich durch die Optionen ergeben, möglichst in die Vormontagen zu verlagern.

6.1 Einlinienmontage

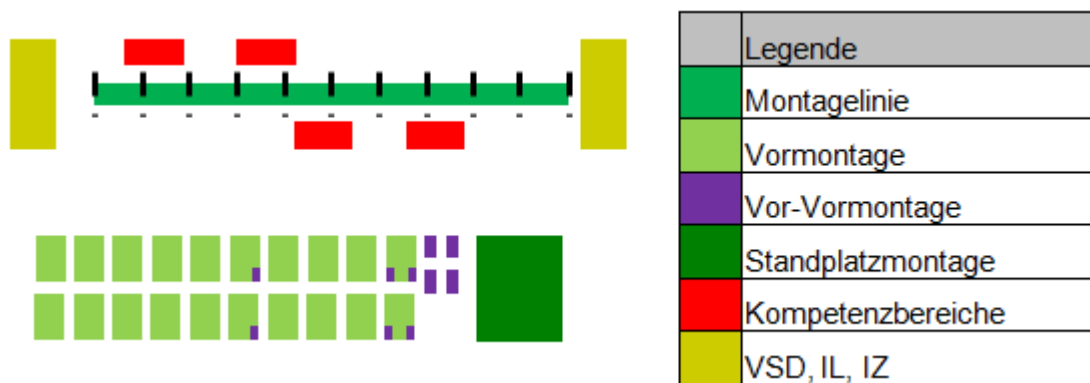


Abbildung 7: Prinzipskizze Einlinienmontage

Bei diesem Konzept werden alle Geräte auf einer Montagelinie montiert, eingestellt und komplettiert. Um den Montageaufwand auf der Linie möglichst gering zu halten, sind viele Vormontagen und auch eigene Vor-Vormontagen vorgesehen. Auf der Montagelinie sollten in einer möglichst kurzen Taktzeit nur Baugruppen montiert und miteinander verbunden werden. Für zeitintensive Arbeiten, welche nicht in die Vormontagen verlagert werden können, sind sogenannte Kompetenzbereiche an der Montagelinie vorgesehen, wo das Gerät ausgeschleust werden kann und dieser Arbeitsumfang abgearbeitet werden kann. Falls der Arbeitsumfang zu groß ist bzw. am halbfertigen Gerät nicht durchgeführt werden kann, ist eine Standplatzmontage vorgesehen, in welcher diese Arbeiten erledigt werden können. Ebenfalls können die Kompetenzbereiche für Audits verwendet werden, um den Montageablauf zu überprüfen. Die Montage von Ausrüstungen ist in einem

nachgelagerten Bereich, wie z.B. dem Versand, vorgesehen, da bei Fehlteilen ein nachträgliches Einschleusen des Gerätes nicht mehr möglich ist. Da auf der Montagelinie nur noch Baugruppen montiert sowie elektrisch und hydraulisch verbunden werden, erhält man auf der Montagelinie nahezu idente Durchlaufzeiten für die Geräte. Schwankungen in der Montagezeit durch Optionen werden in die Vormontagen verlagert. Dadurch kann der Materialfluss besser gesteuert und der Materialbestand in der Endmontage verringert werden. Jedoch sind durch die unterschiedlichen Gerätegrößen Leertakte erforderlich, da Kleingeräte aus weniger Baugruppen bestehen wie die Großgeräte, was die Durchlaufzeit der Kleingeräte erhöht. Durch die neue Bauweise der Geräte und dem dadurch vereinfachten Einstellprozess kann das Einstellen im Fluss erfolgen. Die Probefahrt wird durch die Endkontrolle bei der Übergabe des Gerätes an den Versand durchgeführt.

6.2 Zweiliniemontage mit gemeinsamen Vormontagen

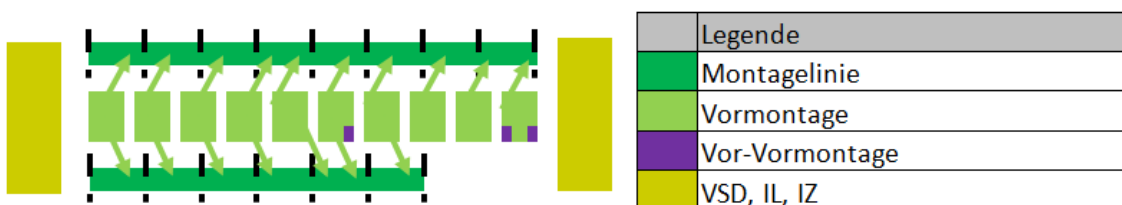


Abbildung 8: Prinzipskizze Zweiliniemontage mit gemeinsamen Vormontagen

Bei diesem Konzept werden die Geräte nach ihrer Größe auf die Montagelinien aufgeteilt. Auf einer Linie würden Compact- und Stereogeräte montiert werden, auf der zweiten Linie Mittel- und Großgeräte. Die Montage der Geräte soll dabei vom Vorder- und Hinterwagen verbolzen bis zum Komplettieren durchgehend, ohne ausschleusen, erfolgen. Um Schwankungen in der Montagezeit durch Optionen gering zu halten, sollen die optionslastigen Baugruppen in Vormontagen montiert werden und auf der Montagelinie nur zusammengefügt und installiert werden. Die Vormontagen der einzelnen Baugruppen sollen dabei für alle Geräte gemeinsam erfolgen. Dadurch entstehen sozusagen Kompetenzbereiche für die einzelnen Baugruppen. In diesen Kompetenzbereichen können die Mitarbeiter auf alle Geräte eingeschult werden, wodurch sie bei Kapazitätsengpässen bzw. -überschüssen einfacher auf Montageplätze für einen anderen Gerätetyp wechseln können, um die Kapazität anzupassen. Um Transportkosten einzusparen, sollen

die Vormontagen neben den Montagelinien erfolgen. Eigene Vor-Vormontagen sind nicht vorgesehen, es können je nach Bedarf jedoch welche in die Vormontageplätze integriert werden. Die Probefahrt findet bei der Übergabe des Geräts an die Versandabteilung statt. Ausrüstungen sollen ebenfalls im Versandbereich montiert werden.

6.3 Liniennahe Vormontagen

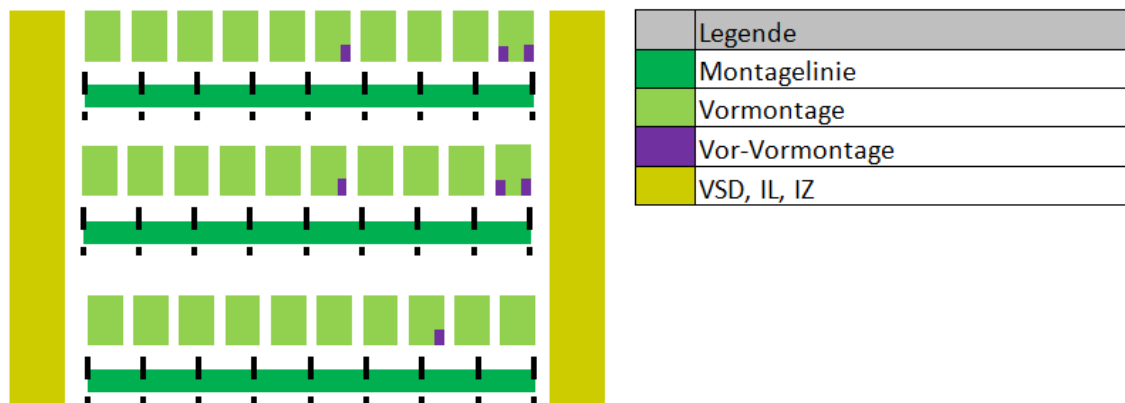


Abbildung 9: Prinzipskizze Liniennahe Vormontagen

In diesem Konzept würde die Aufteilung der Geräte gleich wie im aktuellen Montageablauf bleiben. Es würden nur zusätzliche Vormontagen, mit bedarfsorientierten Vor-Vormontagen, eingerichtet werden, um die Montagezeit auf der Linie zu glätten. Die Vormontagen würden nach Gerätetypen und nicht nach Baugruppen aufgeteilt, wodurch höhere Kosten für die Arbeitsplatzgestaltung entstehen, da mehrere annähernd gleiche Arbeitsplätze eingerichtet werden müssen. Ebenfalls ist ein Verschieben von Mitarbeitern zwischen den Vormontagen nicht mehr so einfach möglich. Die Vormontagen sollen dabei nahe an der Linie platziert werden, um den Transportaufwand zu minimieren. Die Montage der Geräte soll dabei vom Vorder- und Hinterwagen verbolzen bis zum Komplettieren, ohne Möglichkeiten zum Ausschleusen, durchgehend erfolgen. Ausrüstungen sollen in der Versandabteilung montiert werden, und die Probefahrt bei der Übergabe an den Versand erfolgen.

6.4 Mehrstufige Vormontagen

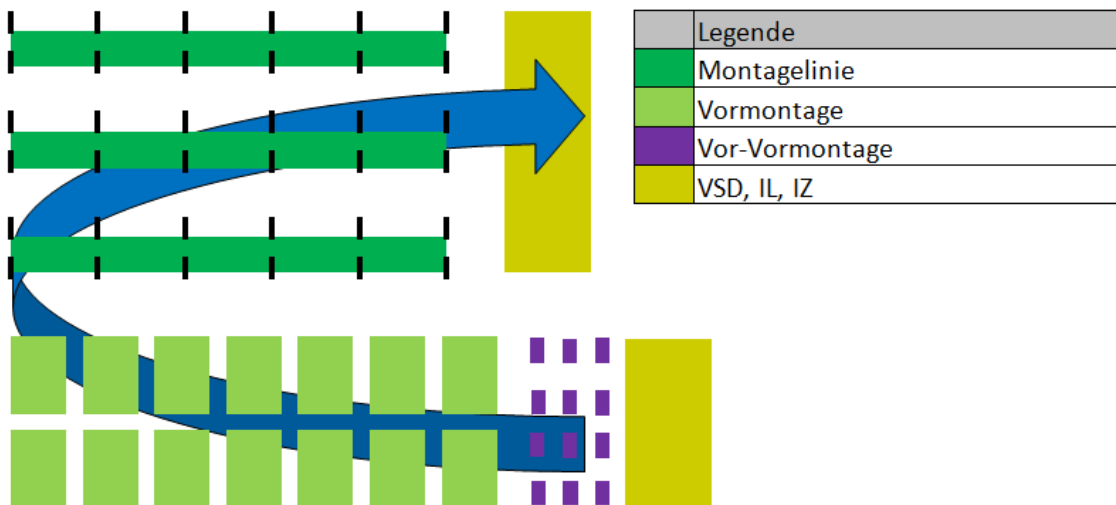


Abbildung 10: Prinzipskizze mehrstufige Vormontagen

In diesem Konzept soll die Montage der Geräte stufenweise in Vor-Vormontagen, Vormontagen und auf der Montagelinie erfolgen. Es würden zuerst Unterbaugruppen in Vor-Vormontagen montiert werden, welche in den Vormontagen zu einbaufertigen Baugruppen zusammengefügt werden. Diese Baugruppen würden auf der Montageline montiert, sowie elektrisch und hydraulisch installiert werden. Die Vor-Vormontagen sollen dabei direkt im Anschluss an die Logistik platziert werden, um den Transportaufwand von Einzelteilen minimal zu gestalten. Zwischen den einzelnen Arbeitsplätzen sollen nur Baugruppen transportiert werden und möglichst wenige Einzelteile. Die Kommissionierung der benötigten Materialien soll dabei nur in den täglich erforderlichen Mengen erfolgen, um die Bestände im Montagesystem so gering wie möglich zu halten. Ausrüstungen sollen im Versandbereich montiert werden. Die Probefahrt soll bei der Übergabe an den Versand erfolgen.

6.5 Vierlinienmontage

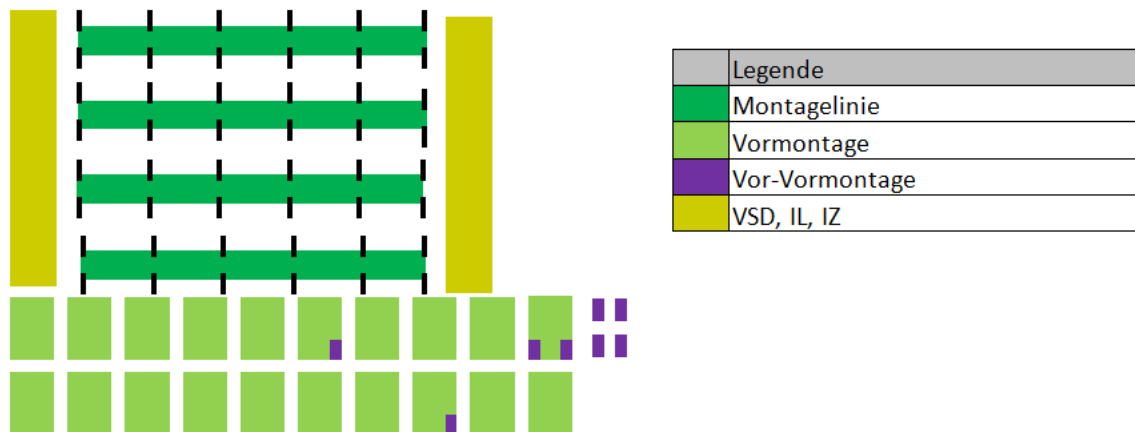


Abbildung 11: Prinzipskizze Vierlinienmontage

Bei diesem Konzept werden die Geräte je nach Plattform auf die Montagelinien aufgeteilt, wodurch sich vier Montagelinien (Compact, Stereo, Mittelgerät und Großgerät) ergeben. Vormontagen können zentral an den Montagelinien erfolgen, oder dezentral in Kompetenzzentren. Vor-Vormontagen können je nach Bedarf entweder in die Vormontagen integriert oder separat eingerichtet werden. Auf der Montagelinie sollen nur fertig vormontierte Baugruppen montiert, sowie elektrisch und hydraulisch installiert werden. Die Montage auf der Linie soll durchgehend, von Vorder- und Hinterwagen zusammenführen bis zu Komplettierung, erfolgen. Ein Ausschleusen der Geräte aus dem Montagefluss ist nicht vorgesehen. Ausrüstungen werden im Versandbereich montiert, ebenso soll die Probefahrt bei Übergabe an den Versand erfolgen.

6.6 Mögliche Vormontagen

Um die Montagezeiten auf der Montagelinie zu glätten, wurde in der Konzeptionsphase erkannt, dass es erforderlich ist, die optionslastigen Komponenten in Baugruppen vorab zu montieren. Dazu müssen jene Komponenten und Baugruppen definiert werden, welche die größten Montagezeitschwankungen auf der Montagelinie verursachen. Diese Baugruppen sollten möglichst in spezialisierten Vormontagen zusammengefügt werden, um die Montagezeit zu reduzieren. Dazu wurden die einzelnen Zeitaufnahmen für jeden Arbeitsplatz betrachtet und die Maximal- mit der Standardzeit verglichen. Jene Montageschritte mit den größten

Zeitdifferenzen zwischen Standardzeit für die Montage und maximaler (optionslastigen) Montagezeit sollten in Vormontagen ausgelagert werden, um die Montagezeit auf der Linie zu glätten und zu reduzieren. Nachfolgend werden die möglichen Vormontagen aufgelistet und der Ist-Zustand kurz beschrieben:

Steuerblöcke

Um bessere Einkaufspreise zu erzielen, werden standardisierte Steuerblöcke von den Lieferanten bezogen. Damit die erforderlichen Gerätefunktionen angesteuert werden können, ist es jedoch erforderlich, die Steuerblöcke auf die Ausrüstungen anzupassen. Dieser Schritt erfolgt durch An- bzw. Abbauen von Ventilen. Dies wird derzeit auf dem Arbeitsplatz an der Montagelinie durchgeführt, wo der Steuerblock anschließend auch verbaut wird. Die Linienarbeitsplätze sind darauf nicht speziell ausgerichtet, weshalb das Vorbereiten des Steuerblockes ineffizient und zeitintensiv ist. Ebenfalls wird die Durchlaufzeit verlängert, da der Werker zuerst den Steuerblock vormontieren muss und ihn erst anschließend am Gerät verbauen kann.

Armlehne mit Funktionshebel und Lenksäule

Durch die verschiedenen Anbaugeräte und Funktionen, welche für die Geräte verfügbar sind, werden unterschiedliche Steuerungsmöglichkeiten am Funktionshebel und an der Lenksäule in der Kabine benötigt. Die Armlehne und Lenksäule werden an der Montagelinie und nicht in der Kabinenvormontage montiert. Hier muss der Werker ebenfalls zuerst die Lenksäule und den Steuerhebel mit allen Funktionsknöpfen vormontieren und mit der Armlehne verbinden. Die Montage ins Gerät kann erst anschließend erfolgen, wodurch die Durchlaufzeit verlängert wird.

Hinterwagen

Auf den Hinterwagen sollte neben der Achse, des Motors und des Getriebes auch die Kühlanlage montiert und installiert werden, da diese durch ihre unterschiedlichen Funktionen und Ausführungen stark schwankende Montagezeiten aufweist.

Abgasnachbehandlung, Hydrauliktank und Kraftstofftank

Diese Baugruppen enthalten zwar keine Optionen, jedoch wurde der Montageaufwand durch die neuen Technologien erheblich erhöht, womit sich ein Auslagern dieser Arbeiten in eine eigene Vormontage anbietet. Derzeit werden diese Baugruppen an der Linie vormontiert und anschließend montiert. Durch diesen stufenweisen seriellen Montageablauf wird die Durchlaufzeit unnötig verlängert. Diese Baugruppen könnten anonym vormontiert werden, da hier keine Optionen enthalten sind und sie pro Plattform gleich konstruiert sind.

Hubgerüst und Schnellwechsler

Am Hubgerüst können die Zylinder und die Aufkleber vorab angebracht werden. Auch die Hydraulikleitungen können bereits vorab montiert werden. Ebenfalls können die Leitungen für die Zentralschmieranlage bereits verlegt werden. Der Schnellwechsler bietet sich als Vorvormontage an, welche anschließend auf das Hubgerüst montiert wird. Derzeit wird zuerst das Hubgerüst mit dem Gerät verbolzt und anschließend die Zylinder sowie die Hydraulikleitungen montiert. Durch die schräge und erhöhte Lage des Hubgerüstes nach dem Verbolzen ist diese Montage jedoch nur erschwert möglich.

Die Vormontagen können entweder kundenspezifisch für ein bestimmtes Gerät oder anonym in ein Zwischenlager erfolgen, von wo sie bei Bedarf an die Montagelinie geliefert werden können. In den Vormontagen sollen die Baugruppen einbaufertig montiert werden, damit sie an der Montagelinie nur noch elektrisch und hydraulisch installiert werden müssen.

Neben diesen neuen Vormontagen sollten auch die bestehenden Vormontagen der Kabine und der Kühlanlage erweitert werden. Es sollten z. B. alle Aufkleber bereits in der Vormontage angebracht werden und nicht erst bei der Komplettierung, da durch die unterschiedlichen Einsatzgebiete und daraus resultierenden gesetzlichen Vorschriften ein stark schwankender Zeitaufwand in der Beklebung entsteht. Ebenso ergeben sich in der Komplettierung lange Wege, da man auf das Gerät hinaufsteigen muss, um zur Kabine und Kühlanlage gelangen zu können.

7 Nutzwertanalyse

In Kapitel 7 soll mithilfe der Nutzwertanalyse das optimale Montagekonzept für das Liebherr-Werk Bischofshofen gefunden werden. Dazu werden zuerst die wichtigsten Kriterien, die das Montagekonzept erfüllen soll, definiert und erläutert. Anschließend erfolgt durch einen Paarvergleich die Gewichtung der einzelnen Kriterien. Abschließend wird die Nutzwertanalyse durchgeführt und das Ergebnis kurz erläutert.

7.1 Bestimmung der Zielkriterien

Die Zielkriterien die vom neuen Montagekonzept erfüllt werden müssen, wurden im Team definiert und beschlossen. In diesem Team wurden alle Abteilungen, welche Einfluss auf die Montage haben, berücksichtigt. Es waren Vertreter der Auftragsplanung, der Arbeitsorganisation, der Montage, der Qualitätssicherung und der Intralogistik anwesend, um die Kriterien nicht auf die Bedürfnisse von einer Abteilung zu beschränken. Um neue Ideen einzubringen, wurde auch ein Mitarbeiter aus dem Bereich Betreuung Auslandswerke miteinbezogen, da dieser mit den etablierten Systemen und Prozessen nicht vertraut und daher davon unbeeinflusst ist. Folgende Kriterien wurden in der Gruppe als relevant für eine effektive und effiziente Endmontage definiert:

1. Typenflexibilität

Darunter wird verstanden, dass Geräte je nach Marktbedürfnissen untereinander ausgetauscht werden können, ohne dass es in der Montage zu großen Problemen kommt. Es sollte z.B. kein Problem sein, wenn die Produktion eines Gerätetyps zu Gunsten eines anderen reduziert wird.

2. Stückzahlflexibilität

Die Montagelinie sollte außerhalb der Frozen Zone mengenmäßig an veränderte Marktbedürfnisse, nach oben und nach unten, flexibel anpassbar sein.

3. Personalflexibilität

Die Mitarbeiter sollten auf mehreren Arbeitsplätzen einsetzbar sein. Ebenfalls sollte der Arbeitsumfang die Mitarbeiter weder über- noch unterfordern, um die Motivation und die Leistung hoch zu halten.

4. Umsetzung Glättung

Die Montage am Montageband sollte ohne große Zeitschwankungen durch Optionen mit der gleichen Taktzeit erfolgen.

5. Durchlaufzeit

Durch Reduktion von Wartezeiten, Pufferplätzen und einem vereinfachtem Montageprozess sollte die Durchlaufzeit der Geräte durch die Endmontage reduziert werden.

6. Bestände im Arbeitssystem

Die Bestände, welche in der Endmontage an den Arbeitsplätzen gelagert/gepuffert werden, sollten durch einen kontinuierlicheren Montageablauf reduziert werden.

7. Folgekosten bei Fehlteilen

Falls es zu Fehlteilen kommt, sollte die Montagelinie möglichst ruhig weiterlaufen und die betroffenen Geräte ausgeschleust werden bzw. die restlichen Geräte auf der Montagelinie dadurch nicht aufgehalten werden. Falls ein Gerät nicht startfähig ist, sollte die Montage der anderen Geräte dadurch nicht aufgehalten werden.

8. Aufwand zum Betrieb einer Linie

Hierunter wird der Planungsaufwand für die Bereitstellung der benötigten Kapazitäten und die Feinplanung der Montagereihenfolge verstanden.

7.2 Ermittlung der Kriteriengewichtung

Damit die Kriterien anhand ihrer Relevanz für das Montagekonzept in der Nutzwertanalyse berücksichtigt werden können, wurde mithilfe einer Paarvergleichsmatrix die Kriteriengewichtung ermittelt. Die jeweiligen Kriterien wurden in der Gruppe diskutiert, und das jeweils wichtigere Kriterium wurde mit einem Punkt bewertet, sind beide Kriterien gleich wichtig, erhielten beide 0,5 Punkte. In Abbildung 12 sind die Paarvergleichsmatrix und der ermittelte Kriterienrang ersichtlich:

	Typenflexibilität	Stückzahlflexibilität	Personalflexibilität	Umsetzung Glättung	Durchlaufzeit	Bestände im Arbeitssystem	Folgekosten bei Fehlteilen	Aufwand zum Betrieb einer Linie	Gewichtung	Rang
Typenflexibilität		0	0	0	0	0,5	0	0,5	3,57%	8
Stückzahlflexibilität	1		1	0	0	0,5	0	0,5	10,71%	5
Personalflexibilität	1	0		0	0	0,5	0,5	0	7,14%	6
Umsetzung Glättung	1	1	1		0,5	1	0,5	0,5	19,64%	1
Durchlaufzeit	1	1	1	0,5		1	0,5	0,5	19,64%	1
Bestände im Arbeitssystem	0,5	0,5	0,5	0	0		0	0	5,36%	7
Folgekosten bei Fehlteilen	1	1	0,5	0,5	0,5	1		0	16,07%	4
Aufwand zum Betrieb einer Linie	0,5	0,5	1	0,5	0,5	1	1		17,86%	3

Die mit dieser Farbe hinterlegten Zellen werden automatisch berechnet

Bewertung 1 bedeutet Kriterium 1 ist viel wichtiger als Kriterium 2

Bewertung 0,5 bedeutet Kriterium 1 ist gleich wichtig wie Kriterium 2

Bewertung 0 bedeutet Kriterium 1 ist viel unwichtiger wie Kriterium 2

Abbildung 12: Paarvergleichsmatrix für Zielkriterien

Durch den paarweisen Vergleich der einzelnen Kriterien wurde ersichtlich, dass die Glättung der Montagezeit am Band bei gleichzeitiger Reduktion der Durchlaufzeit oberste Priorität für die Gruppe hat. Jedoch sollte der Aufwand für den Betrieb der Linie dadurch nicht erhöht werden und das Risiko von Fehlteilkosten möglichst gering gehalten werden. Stückzahl-, Personal- und Typenflexibilität wurden als weniger relevant für das Montagekonzept erachtet, da diese Planungen langfristig erfolgen sollen. Die niedrige Gewichtung der Bestände im Arbeitssystem resultiert daraus, dass die Bestände durch die kürzere Durchlaufzeit und eine kontinuierlichere Montage reduziert werden sollen.

7.3 Durchführung und Ergebnis der Nutzwertanalyse

Mithilfe dieser gewichteten Kriterien wurde die Nutzwertanalyse durchgeführt. Dazu wurde immer ein optimales Szenario erstellt und danach bewertet, wie nahe die vorliegenden Konzepte dem Optimum kommen können. Zum Beispiel wäre es für die Durchlaufzeit am besten, wenn jeder Gerätetyp auf einer eigenen Montagelinie montiert werden würde, da bei der Arbeitsplatzgestaltung keine Kompromisse eingegangen werden müssten. Ein solches Konzept würde die maximale Punktzahl 10 bekommen. In nachfolgender Abbildung ist das Ergebnis der Nutzwertanalyse ersichtlich:

	Gewichtung	Vierlinienmontage		Liniennahe VM		Zweiliniemontage		Mehrstufige VM		Einlinienmontage	
Typenflexibilität	3,57%	3	0,11	4	0,14	6	0,21	5	0,18	8	0,29
Stückzahlflexibilität	10,71%	9	0,96	4	0,43	4	0,43	8	0,86	4	0,43
Personalflexibilität	7,14%	9	0,64	8	0,57	8	0,57	10	0,71	4	0,29
Umsetzung Glättung	19,64%	7	1,38	6	1,18	5	0,98	6	1,18	3	0,59
Durchlaufzeit	19,64%	8	1,57	5	0,98	5	0,98	7	1,38	2	0,39
Bestände im Arbeitssystem	5,36%	8	0,43	4	0,21	4	0,21	7	0,38	3	0,16
Folgekosten bei Fehlteilen	16,07%	9	1,45	6	0,96	5	0,80	8	1,29	1	0,16
Aufwand zum Betrieb einer Linie	17,86%	8	1,43	6	1,07	4	0,71	6	1,07	1	0,18
Nutzwert			7,96		5,55		4,91		7,04		2,48
Rang			1		3		4		2		5
Bewertungszahl von 0 - 10											
Bewertungszahl 0 entspricht Alternative erfüllt das Kriterium nicht											
Bewertungszahl 10 entspricht Alternative erfüllt das Kriterium vollständig											

Abbildung 13: Nutzwertanalyse

In einer Gruppendiskussion wurde festgelegt, in wie weit die vorhandenen Montagekonzepte die definierten Zielkriterien erfüllen. Anhand der erreichten Punktzahl, welche in der weißen Spalte in Abbildung 13 ersichtlich ist, und der Kriteriengewichtung, welche in Kapitel 7.2 ermittelt wurde, wurden die einzelnen Teilnutzwerte ermittelt. Diese Teilnutzwerte wurden aufsummiert, um auf den in Abbil-

dung 13 hellgrün hinterlegten Nutzwert zu kommen. Durch die Nutzwertanalyse wurde ersichtlich, dass das Vierlinienkonzept die einzelnen Zielkriterien am besten erfüllt. Das Vierlinienkonzept weist nur bei der Typenflexibilität Nachteile auf, da für jede Plattform eine Montagelinie vorgesehen ist und daher ein Typentausch die Kapazität auf einer Linie erhöht, jedoch auf einer anderen verringern würde. Um das zukünftige Montagekonzept noch besser zu gestalten, wurden für die Konzeption des neuen Montageablaufes und des neuen Layouts jedoch auch die Ränge zwei und drei berücksichtigt. Durch die Kombination dieser drei Konzepte kann aus Sicht der Projektgruppe die Endmontage am effizientesten und effektivsten erfolgen.

Lösungsvorschlag für das neue Montagekonzept:

Das neue Montagekonzept soll aus vier Montagelinien bestehen, welche vom Zusammenfahren des Vorder- und Hinterwagens bis zur Komplettierung durchgehend verlaufen. Die Räder werden erst im letzten Arbeitsschritt montiert. Das Gerät soll dabei nicht mehr aus der Montagelinie ausgeschleust werden, um Pufferplätze zu vermeiden. Die Probefahrt erfolgt bei der Übergabe des Geräts an den Versand. Dadurch kann der Einstellprozess verkürzt werden, da die Probefahrt und das Waschen des Geräts nach der Probefahrt entfällt. Um die Montagezeit auf der Linie zu glätten, und somit die Wartezeiten zu reduzieren bzw. zu beseitigen, sollten die optionslastigen Arbeiten möglichst in Vormontagen ausgelagert werden. Diese Vormontagen werden als Standmontagen ausgeführt, womit es möglich ist, dass ein optionslastiges Gerät von einem optionsarmen „überholt“ werden kann bzw. das optionslastige Gerät früher gestartet wird. Durch die Zuordnung der Vormontagen eines Gerätes zu einem bestimmten Arbeitsplatz kann auch die Materialversorgung besser gesteuert werden. Neben den Vormontagen werden auch Vor-Vormontagen eingerichtet, wo aufwendige Kleinbaugruppen, wie z.B. der Steuerblock oder die Armlehne mit dem Funktionshebel, bereits kundenspezifisch vormontiert werden. Dadurch werden in den Vormontagen weniger Einzelteile angeliefert und die Montagezeit kann verringert werden. Durch die Spezialisierung auf eine Baugruppe können die Arbeitsplätze in den Vor-Vormontagen auf die Baugruppen ausgerichtet werden. Ebenfalls verringern sich dadurch die Kosten für benötigte Werkzeuge, da nur noch ein Kompetenzzentrum ausgestattet

werden muss und nicht mehr jeder Arbeitsplatz. Damit große und schwer transportierbare Bauteile, wie z. B. Hinter-, Vorderwagen und Hubgerüst, nicht unnötig transportiert werden müssen, sollen diese Vormontagen möglichst in der Nähe des Einbauortes erfolgen. Zur Reduktion der Durchlaufzeit sollen die Vormontagen und die Gerätemontage am Band möglichst parallel zueinander erfolgen. So kann z.B. das Hubgerüst für ein Gerät bereits vorzeitig, in einer eigenen Vormontage vormontiert werden, und im Takt „Hubgerüstmontieren“ wird es nur noch am Gerät verbolzt und angeschlossen. Die Ausrüstungen sollen im Versandbereich nur noch nach Bedarf montiert werden. Aktuell werden die Ausrüstungen in der Montage montiert und müssen für die Auslieferung der Geräte oftmals wieder demontiert werden, da die Ausrüstungen für den Transport zu breit oder die Geräte mit montierter Ausrüstung zu lange für den sicheren Transport sind.

Zusätzlich sollen die bestehenden Vormontagen der Kabine und des Kühlsystems erweitert werden. Es sollen z.B. die länderspezifischen Aufkleber bereits in der Vormontage angebracht werden. Dadurch kann neben der Durchlaufzeit des Geräts auch die Montagezeit für das Bekleben verkürzt werden, da kürzere Wege entstehen (es muss nicht mehr auf das Gerät gestiegen werden, um die Kabine zu erreichen).

Die Gerätedurchlaufzeit soll reduziert werden, indem Baugruppen in Vormontagen parallel zur Gerätemontage am Montageband montiert werden und nicht mehr vor der Montage ans Gerät in der Linie vormontiert werden müssen. Wodurch, wie in nachfolgender Abbildung ersichtlich, eine parallele Montage von Baugruppen und Gerät entsteht.

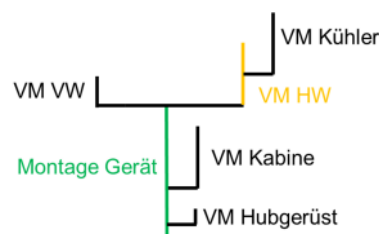


Abbildung 14: DLZ Reduktion durch parallele VM

Die Aufteilung der Geräte auf die einzelnen Montagelinien soll nach Plattformen erfolgen, wodurch die Montageplätze speziell für diese Geräte eingerichtet werden können und die Montage effektiver und effizienter werden soll.

8 Layoutgestaltung

In diesem Kapitel wird anhand der in Kapitel 7.3 gewonnenen Ergebnisse und Erkenntnisse ein neuer Montageablauf erstellt und die Durchlaufzeit ermittelt. Mittels eines Vergleiches der aktuellen Montagezeit und der neu ermittelten Montagezeit soll eine mögliche Kostenersparnis ersichtlich werden. Abschließend werden die erforderlichen Flächen für das neue Montagekonzept ermittelt und als Blocklayout dargestellt.

8.1 Neuer Montageablauf und Durchlaufzeit

Vorder- und Hinterwagen sollen in Standmontagen vormontiert werden. Hier werden die optionslastigen Baugruppen, wie der Steuerblock und das Kühlsystem, montiert. Der Steuerblock soll in Vor-Vormontagen kundenspezifisch für die einzelnen Geräte montiert werden und einbaufertig an die Montagelinie angeliefert werden. Der erste Arbeitsschritt auf der Montagelinie soll das Verbolzen von Vorder- und Hinterwagen sein. Das Gerät wird auf der Linie, ohne ausschleusen, durchgehend montiert. Um die aufwendige und zeitintensive Montage der Zentralschmieranlage in der Standmontage zu beseitigen, soll die Zentralschmieranlage und die Schmierleitungen im Arbeitsgang hydraulisches Verschlauchen montiert und verlegt werden. Die Radmontage soll der letzte Arbeitsschritt am Montageband sein. Den Abschluss bildet die Endkontrolle, welche auch die Probefahrt bei der Übergabe des Geräts an den Versand enthält. Ausrüstungen werden nach Bedarf im Versand montiert. Dadurch ergeben sich folgende acht Hauptarbeitsschritte auf der Montagelinie:

1. Verbolzen von Vorder- und Hinterwagen
2. Kabinenaufsetzen
3. Hydraulischverschlauchen und Montage der Zentralschmieranlage
4. Montage Hubgerüst
5. Inbetriebnahme und Einstellen
6. Komplettierung
7. Rädermontage
8. Endkontrolle und Probefahrt

Zusätzlich zum neuen Montageablauf müssen folgende Vormontagen mit den dazugehörigen Arbeitsumfängen neu eingerichtet bzw. bestehende Vormontagen erweitert werden, um die Montagezeiten auf der Montagelinie zu glätten:

1. Hinterwagen

Hier werden die Achse, der Motor, das Getriebe, die Batterien und das Kühlsystem montiert und elektrisch und hydraulisch installiert.

Der Motor, das Getriebe und das Kühlsystem werden dabei als kundenspezifische Vor-Vormontage parallel zur Vorbereitung des Hinterwagens durchgeführt, um die Durchlaufzeit zu verkürzen.

2. Vorderwagen

Es werden die Hubzylinder für das Hubgerüst und der Steuerblock montiert und hydraulisch verbunden.

Der Steuerblock soll kundenspezifisch in einer Vor-Vormontage montiert werden.

3. Hubgerüst

Am Hubgerüst sollen vorab die Hydraulikleitungen, die Leitungen für die Zentralschmierung und alle Aufkleber angebracht werden. Ebenso soll bereits der Schnellwechsler, welcher anonym in einer Vor-Vormontage montiert wird, auf das Hubgerüst montiert werden.

4. Abgasnachbehandlung, Hydrauliktank und Kraftstofftank

Diese drei Baugruppen können aufgrund der pro Plattform gleichen Bauweise anonym vormontiert werden. Da die Vormontage dieser Baugruppen parallel zur Gerätemontage auf dem Montageband erfolgt, kann dadurch die Gerätedurchlaufzeit verkürzt werden.

Zusätzlich soll die bestehende Vormontage des Kühlsystems noch um das Anbringen aller Aufkleber erweitert werden. In der Kabinenvormontage soll neben den Aufklebern auch zusätzlich die Armlehne mit Funktionshebel und die Lenk-

säule montiert werden, welche kundenspezifisch in einer Vor-Vormontage montiert werden sollen.

Neben der Neugestaltung des Montageablaufs hinsichtlich einer Zeitersparnis auf der Montagelinie durch vereinfachte Montageabläufe wurden auch Lösungen gesucht, um gewisse Arbeiten entfallen lassen zu können. So wurde neben der Verlagerung der Probefahrt ans Bandende in die Endkontrolle auch eine Lösung für die Nachlackierung gesucht. Im Arbeitsgang Nachlackierung werden die vier Scheibenräder des Radladers angeschliffen, um anschließend die Radmuttern und das Scheibenrad zu lackieren. Dies ist eine vertriebsseitige Vorgabe, um ein einheitliches Erscheinungsbild der Radlader zu gewährleisten. Um diesen Schritt einzusparen, wurden im Zuge dieses Projektes alle Radmuttern, in Abstimmung mit dem Vertrieb, auf das Material Chrom Vanadium umgestellt. Durch die Verwendung von einheitlichen Muttern auf allen Geräten kann dieser zeitintensive Arbeitsgang eingespart werden.

Um die neue Durchlaufzeit ermitteln zu können, wurden im Testsystem neue Arbeitspläne anhand des neu geplanten Montageablaufes erstellt. Da Zeitaufnahmen für den neuen Ablauf erst nach Umstrukturierung des Montagelayouts möglich sind, wurden für die Durchlaufzeitermittlung die aktuell gültigen Standardzeiten verwendet. Falls eine Verlagerung der Montagetätigkeit von der Linie in die Vormontage vorlag, wurde die Standardzeit des betroffenen Arbeitsplatzes um diese Montagezeit verringert und der Zeit für die Vormontage zugerechnet. Einzig die Zeiten für die Vormontage des Hubgerüsts, für den neuen Einstellprozess, das vorzeitige Anbringen der Aufkleber auf das Kühlsystem und die Kabine, sowie die Montage der Armlehne und der Lenksäule, wurden bei einem Testgerät anhand einer Zeitaufnahme ermittelt.

Durch die oben genannte Umstellung des Montageablaufes und dem Verlagern bzw. Entfall unnötiger Arbeiten ergeben sich nachfolgende neue Standardzeiten mit den daraus resultierenden Durchlaufzeiten für die Großgeräte:

Afo, Pos	Standardzeit TE/min	TE/h	Kapazität h/Tag/KST	WZ Tage	Bezeichnung Kostenstelle	DLZ pro AG	Kommentar
10	785	13,08	7,80	0,00	VM Kühlsystem		VM nicht in DLZ
20	1231	20,52	7,80	0,00	VM Kabine		VM nicht in DLZ
21	1257	20,95	7,80	0,00	VM Hinterwagen		VM nicht in DLZ
22	170	2,83	7,80	0,00	VM Vorderwagen		VM nicht in DLZ
23	32	0,53	7,80	0,00	VM Abgasnachbehandlung		VM nicht in DLZ
24	35	0,58	7,80	0,00	VM Hydrauliktank		VM nicht in DLZ
25	53	0,88	7,80	0,00	VM Kraftstofftank		VM nicht in DLZ
26	180	3,00	7,80	0,00	VM Hubgerüst		VM nicht in DLZ
140	333	5,55	7,80	0,00	VW+HW VERBOLZEN, BALLAST	0,71	
150	329	5,48	15,60	0,00	VW+HW FERTIG VERSCHLAUCHEN + ZSA	0,35	
100	91	1,52	7,80	0,00	HYDR.TANK	0,19	
160	216	3,60	15,60	0,00	MONT.KABINE; AUFSTIEG, KFST.TANK	0,23	
190	176	2,93	15,60	0,00	MONT.HUBGERUEST, INBETRIEBNAHME	0,19	
200	0	0,00	7,80	0,80	Steuerung WZ	0,80	WZ für Optionen
210	254	4,23	15,60	0,00	EINSTELLEN, PRUEFEN GG	0,27	
220	0	0,00	7,80	0,80	Steuerung WZ	0,80	WZ für Optionen
240	213	3,55	15,60	0,00	KOMPLETTIEREN GG 1	0,23	
250	187	3,12	15,60	0,00	KOMPLETTIEREN GG 2	0,20	
290	0	0,00	7,80	1,30	Steuerung WZ	1,30	WZ für Optionen
310	100	1,67	7,80	0,00	ENDKONTROLLE	0,21	nicht in DLZ (QS)
	1799	92,37		2,90		5,28	DLZ Montagelinie
	3743	33,60					Montagezeit VM
	5542	125,97					Montagezeit ges.

Abbildung 15: Neue Durchlaufzeit der Großgeräte⁸²

Durch den neuen Montageprozess konnte die Durchlaufzeit der Großgeräte von 13,02 Arbeitstagen auf 5,28 Arbeitstage mehr als halbiert werden. Dies wird dadurch erreicht, da die Vormontagen parallel zur Montage am Band erfolgen. Die Wartezeiten konnten nicht völlig beseitigt werden, da die Montage, sowie die elektrische und hydraulische Installation der einzelnen Vormontagebaugruppen, an das Gerät aufgrund der Anzahl an verbauten Optionen noch leichte Zeitschwankungen aufweist. Die Vor-Vormontagen werden nicht differenziert ausgewiesen, da diese direkt am Vormontageplatz durch einen separaten Mitarbeiter vorgenommen werden sollen. Durch die Verlagerung von Montageumfängen vom Montageband in die Vormontagen konnte auch die Zeit pro Einheit reduziert werden, da in den

⁸² Eigene Darstellung mit Daten aus LBH-ERP-System BaaN

Vormontagen kürzere Wege und speziell eingerichtete Arbeitsplätze zur Verfügung stehen.

Die größte Montagezeiterparnis wurde jedoch durch die Reduktion der Zeit für das Einstellen erreicht. Durch die technische Umstellung von hydraulischer Steuerung auf elektrohydraulische Steuerung des Geräts und der Optionen in der neuen Geräte Stufe 4 kann, durch die Entwicklung eines auf Liebherrgeräte abgestimmten Messsystems (LMMS), der Einstellprozess zukünftig schneller und einfacher gestaltet werden. Durch die elektrische Anbindung des Steuerblockes, Getriebes und der Hydraulikpumpe an die Steuerrechner kann mithilfe des Liebherr multi Messsystem der geforderte Hydraulikdruck und dadurch die Geräteleistung automatisch angefahren und bei Abweichungen eingestellt werden. Somit müssen keine manuellen Einstellungen mehr an den Pumpen und Steuerblöcken vorgenommen werden, wodurch diese erhebliche Zeitersparnis erreicht wird. Ebenfalls wurde durch die Umstellung der Radmuttern auf Chrom Vanadium Muttern der Arbeitsgang Nachlackieren eingespart.

Durch die Umstellung des Montageablaufes und die Einrichtung einer eigenen Montagelinie konnte die Durchlaufzeit der Compactgeräte auf 2,45 Arbeitstage reduziert werden. Bei den Stereogeräten ergeben sich 2,58 und bei den Mittelgeräten 5,79 Arbeitstage Durchlaufzeit. Wie sich die neuen Durchlaufzeiten bei den Compact-, Stereo- und Mittelgeräte zusammensetzen, ist in „Anlagen, Teil 2: Durchlaufzeiten“ ersichtlich.

Die maßgeblichsten Auswirkungen auf die Reduktion der Durchlaufzeit wurden durch die nachfolgenden Punkte erreicht:

1. Verlagerung von Montageumfängen in Vormontagen

Da alle Aufkleber für Kühler, Kabine und Hubgerüst bereits in der Vormontage angebracht werden, konnte durch die dadurch kürzeren Wege und einfachere Erreichbarkeit der Klebeflächen die Montagezeit verringert werden. Ebenso kann das Hubgerüst in einer Standmontage am Boden einfacher und schneller montiert werden. Durch die Parallele Montage der Abgasnachbehandlung, des Hydraulik-

tanks und des Kraftstofftanks zur Montagelinie wurde die Durchlaufzeit auf der Linie reduziert.

2. Integration der Zentralschmieranlage in die Montagelinie

Die Schmierleitungen für die Zentralschmieranlage werden im neuen Ablauf mit den Hydraulikschläuchen mitverlegt und an die Schmierstellen angeschlossen. Dadurch erspart man sich die aufwendige Standmontage, in welcher die Schmierleitungen nachträglich entlang der Hydraulikschläuche verlegt werden.

3. Vereinfachter Einstellprozess

Der geforderte Hydraulikdruck in den einzelnen Hydraulikkomponenten kann in der neuen Gerätegeneration Stufe 4 mithilfe einer Software (LMMS) automatisch überprüft und eingestellt werden. Dazu werden alle Endpunkte vom System selbstständig angefahren und überprüft, ob die vorgegebenen Werte erreicht werden. Ist das nicht der Fall, wird die Ventilstellung über die Elektronik bis zum Erreichen des geforderten Drucks verstellt. Das manuelle suchen und anpassen der Ventilstellung durch die Werker kann dadurch entfallen. Ebenfalls kann durch die Verlagerung der Probefahrt in die Endkontrolle auf das Ausschleusen und anschließende reinigen des Gerätes verzichtet werden.

4. Entfall Nachlackierung

Da durch die Verwendung der neuen und einheitlichen Radmuttern ein einheitliches Erscheinungsbild der Radlader gegeben ist und die Chrom Vanadium Muttern farblich gut zum Scheibenrad passen, kann auf die Nachlackierung verzichtet werden.

5. Montage von Ausrüstungen im Versandbereich

Da Ausrüstungen oftmals geändert werden, bzw. im Versand für den Transport wieder demontiert werden müssen, wurde die Montage dieser dorthin verlegt. Ebenfalls entfällt in der Komplettierung das Verpacken von zusätzlichen Ausrüstungen, falls mit dem Gerät mehrere Anbaugeräte bestellt werden.

6. Reduktion der Wartezeiten

Durch die Verlagerung der optionslastigen Montageumfänge in Vormontage konnte die Wartezeit am Montageband reduziert werden. Da die Vormontagen in Standmontagen erfolgen und es daher möglich ist, dass eine optionslastige Baugruppe früher montiert werden kann als eine optionsarme. Dazu wurde eine zusätzliche Funktion für die Steuerung des Montageablaufes der Vormontagegruppen in das Montageinformationssystem (MONI) hinzugefügt.

Die Ermittlung der Start- und Endpunkte der einzelnen Montageumfänge erfolgt dabei weiterhin mittels Rückwärtsterminierung.

8.2 Einsparungen durch den neuen Ablauf

In diesem Kapitel werden die Kosteneinsparungen, welche sich durch die Verlagerung von Montagetätigkeiten und den neuen Montageablauf ergeben, aufgezeigt. Dazu wird die Differenz zwischen der Montagezeit im aktuellen Montageablauf und der Montagezeit im neuen Ablauf errechnet. Mithilfe dieser Differenz und des Montagestundensatzes, laut Kostenrechnung derzeit 31,5 Euro pro Stunde bzw. 0,525 Euro pro Minute, werden die Kosteneinsparung ermittelt. Die zukünftig geplante Jahresstückzahl wurde vom Produktmanagement angegeben und stützt sich auf die Verkaufserwartungen der einzelnen Händler.

8.2.1 Einsparungen Compactgeräte

Aktuelle Montagezeit = 2983 min/Gerät

Zukünftige Montagezeit = 2424 min/Gerät

Differenz Montagezeit = 2983 min/Gerät – 2424 min/Gerät = 559 min/Gerät

Kostenersparnis = 559 min/Gerät x 0,525 €/min = 293,48 €/Gerät

Geplante Jahresstückzahl = 2000 Geräte

Jährliche Kostenersparnis = 293,48 €/Gerät x 2000 Geräte = 586.950 €/Jahr

8.2.2 Einsparungen Stereogeräte

Aktuelle Montagezeit = 2983 min/Gerät

Zukünftige Montagezeit = 2693 min/Gerät

Differenz Montagezeit = 2983 min/Gerät – 2693 min/Gerät = 290 min/Gerät

Kostenersparnis = 290 min/Gerät x 0,525 €/min = 152,25 €/Gerät

Geplante Jahresstückzahl = 1664 Geräte

Jährliche Kostenersparnis = 152,25 €/Gerät x 1664 Geräte = 253.344 €/Jahr

8.2.3 Einsparungen Mittelgeräte

Aktuelle Montagezeit = 4204 min/Gerät

Zukünftige Montagezeit = 3583 min/Gerät

Differenz Montagezeit = 4204 min/Gerät – 3583 min/Gerät = 621 min/Gerät

Kostenersparnis = 621 min/Gerät x 0,525 €/min = 326,03 €/Gerät

Geplante Jahresstückzahl = 886 Geräte

Jährliche Kostenersparnis = 326,03 €/Gerät x 886 Geräte = 288.858,15 €/Jahr

8.2.4 Einsparungen Großgeräte

Aktuelle Montagezeit = 6359 min/Gerät

Zukünftige Montagezeit = 5542 min/Gerät

Differenz Montagezeit = 6359 min/Gerät – 5542 min/Gerät = 817 min/Gerät

Kostenersparnis = 817 min/Gerät x 0,525 €/min = 428,93 €/Gerät

Geplante Jahresstückzahl = 1500 Geräte

Jährliche Kostenersparnis = 428,93 €/Gerät x 1500 Geräte = 643.387,65 €/Jahr

8.2.5 Einsparungen pro Jahr

Jährliche Kostenersparnis = \sum Jährliche Kostenersparnisse

$$= 586.950 \text{ €/Jahr} + 253.344 \text{ €/Jahr} + 288.858,15 \text{ €/Jahr} + 643.387,50 \text{ €/Jahr}$$

$$\underline{\text{Jährliche Kostenersparnis} = 1.772.539,65 \text{ €/Jahr}}$$

8.3 Ermittlung Taktanzahl und Standarbeitsplätze VM

In Kapitel 8.3 sollen, unter Berücksichtigung des neuen Montageablaufes und der Montagezeit, die benötigten Takte auf der Montagelinie und in den Vormontagen ermittelt werden. In den Vormontagen erfolgt die Montage der einzelnen Baugruppen auf Standarbeitsplätzen, weshalb hier die ermittelte Anzahl der Takte als Anzahl der benötigten Standplätze gesehen wird. Die verfügbare jährliche Montagezeit wird mit 198 Arbeitstagen pro Jahr und 600 Minuten pro Arbeitstag angegeben, da mit diesen Werten auch das Produktionsprogramm errechnet wird. Die 600 Minuten tägliche Montagezeit ergeben sich aus 8 Stunden Arbeitszeit zuzüglich 125%, um den Akkordlohn zu erreichen. Die Anzahl der Takte wird dabei immer auf ganze Zahlen aufgerundet. Können an einem Arbeitsplatz mehrere Mitarbeiter gleichzeitig arbeiten, wird dies durch die Durchschnittliche Mitarbeiteranzahl berücksichtigt.

8.3.1 Compactgeräte

$$\text{Jahresstückzahl} = 2000 \text{ Geräte}$$

$$\text{Montagezeit Linie} = 1220 \text{ min}$$

$$\text{Länge Gerät + Durchgang (1,6m)} = 6,6 \text{ m}$$

Montagelinie

$$\text{Taktzeit} = (\text{Arbeitstage} \times \text{Arbeitszeit}) / \text{Stückzahl}$$

$$\underline{\text{Taktzeit}} = (198 \text{ AT} \times 600 \text{ min}) / 2000 \text{ Geräte} = \underline{59,40 \text{ min/Takt}}$$

$$\underline{\text{Anzahl Takte}} = \text{Montagezeit} / \text{Taktzeit} = 1220 \text{ min} / 59,40 \text{ min/Takt} = \underline{21 \text{ Takte}}$$

$$\underline{\text{Linienlänge}} = \text{Anzahl Takte} \times \text{Länge Gerät} = 21 \text{ Takte} \times 6,6 \text{ m} = \underline{138,6 \text{ m}}$$

Kabinen VM

Durchschnittliche Anzahl MA = 1,8 MA

Montagezeit Kabine = 388 min

Anzahl Takte = Montagezeit / (Taktzeit x MA) = 388 min / (59,40 min x 1,8 MA)
= 4 Takte

Für die Kabinenvormontage werden 4 Standarbeitsplätze benötigt.

Kühler VM

Durchschnittliche Anzahl MA = 1,8 MA

Montagezeit Kühlsystem = 162 min

Anzahl Takte = Montagezeit / (Taktzeit x MA) = 162 min / (59,40 min x 1,8 MA)
= 2 Takte

Für die Vormontage des Kühlsystems werden 2 Standarbeitsplätze benötigt.

Hinterwagen VM

Durchschnittliche Anzahl MA = 1,8 MA

Montagezeit HW = 480 min

Anzahl Takte = Montagezeit / (Taktzeit x MA) = 480 min / (59,40 min x 1,8 MA)
= 5 Takte

Für die Hinterwagenvormontage werden 5 Standarbeitsplätze benötigt.

Vorderwagen VM

Montagezeit VW = 54 min

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 54 min / 59,40 min = 1 Takt

Für die Vorderwagenvormontage wird 1 Standarbeitsplatz benötigt.

Hubgerüst VM

Montagezeit HG = 76 min

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 76 min / 59,40 min = 2 Takte

Für die Hubgerüstvormontage werden 2 Standarbeitsplätze benötigt.

Abgasnachbehandlung VM

Montagezeit Abgasnachbehandlung = 27 min

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 27 min / 59,40 min = 1 Takt

Für die Abgasnachbehandlungsvormontage wird 1 Standarbeitsplatz benötigt.

Hydrauliktank VM

Montagezeit Hydrauliktank = 27 min

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 27 min / 59,40 min = 1 Takt

Für die Hydrauliktankvormontage wird 1 Standarbeitsplatz benötigt.

Kraftstofftank VM

Montagezeit Kraftstofftank = 41 min

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 41 min / 59,40 min = 1 Takt

Für die Kraftstofftankvormontage wird 1 Standarbeitsplatz benötigt.

8.3.2 Stereogeräte

Jahresstückzahl = 1664 Geräte

Montagezeit Linie = 1355 min

Länge Gerät + Durchgang (1,6m) = 7,4 m

Montagelinie

Taktzeit = (Arbeitstage x Arbeitszeit) / Stückzahl

Taktzeit = (198 AT x 600 min) / 1664 Geräte = 71,39 min/Takt

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 1355 min / 71,39 min/Takt = 19 Takte

Linienlänge = Anzahl Takte x Länge Gerät = 19 Takte x 7,4 m = 140,60 m

Kabinen VM

Durchschnittliche Anzahl MA = 1,8 MA

Montagezeit Kabine = 376 min

Anzahl Takte = Montagezeit / (Taktzeit x MA) = 376 min / (71,39 min x 1,8 MA)
= 3 Takte

Für die Kabinenvormontage werden 3 Standardarbeitsplätze benötigt.

Kühler VM

Durchschnittliche Anzahl MA = 1,8 MA

Montagezeit Kühlsystem = 180 min

Anzahl Takte = Montagezeit / (Taktzeit x MA) = 180 min / (71,39 min x 1,8 MA)
= 2 Takte

Für die Vormontage des Kühlsystems werden 2 Standardarbeitsplätze benötigt.

Hinterwagen VM

Durchschnittliche Anzahl MA = 1,8 MA

Montagezeit HW = 533 min

Anzahl Takte = Montagezeit / (Taktzeit x MA) = 533 min / (71,39 min x 1,8 MA)
= 5 Takte

Für die Hinterwagenvormontage werden 5 Standardarbeitsplätze benötigt.

Vorderwagen VM

Montagezeit VW = 60 min

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 60 min / 71,39 min = 1 Takt

Für die Vorderwagenvormontage wird 1 Standardarbeitsplatz benötigt.

Hubgerüst VM

Montagezeit HG = 84 min

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 84 min / 71,39 min = 2 Takte

Für die Hubgerüstvormontage werden 2 Standardarbeitsplätze benötigt.

Abgasnachbehandlung VM

Montagezeit Abgasnachbehandlung = 30 min

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 30 min / 71,39 min = 1 Takt

Für die Abgasnachbehandlungsvormontage wird 1 Standardarbeitsplatz benötigt.

Hydrauliktank VM

Montagezeit Hydrauliktank = 30 min

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 30 min / 71,39 min = 1 Takt

Für die Hydrauliktankvormontage wird 1 Standardarbeitsplatz benötigt.

Kraftstofftank VM

Montagezeit Kraftstofftank = 45 min

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 45 min / 71,39 min = 1 Takt

Für die Kraftstofftankvormontage wird 1 Standardarbeitsplatz benötigt.

8.3.3 Mittelgeräte

Jahresstückzahl = 886 Geräte

Montagezeit Linie = 1622 min

Länge Gerät + Durchgang (1,6m) = 8,1 m

Montagelinie

Taktzeit = (Arbeitstage x Arbeitszeit) / Stückzahl

Taktzeit = (198 AT x 600 min) / 886 Geräte = 134,09 min/Takt

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 1622 min / 134,09 min/Takt = 12 Takte

Linienlänge = Anzahl Takte x Länge Gerät = 12 Takte x 8,1 m = 97,20 m

Kabinen VM

Durchschnittliche Anzahl MA = 1,8 MA

Montagezeit Kabine = 787 min

Anzahl Takte = Montagezeit / (Taktzeit x MA) = 787 min / (134,09 min x 1,8 MA)
= 4 Takte

Für die Kabinenvormontage werden 4 Standardarbeitsplätze benötigt.

Kühler VM

Durchschnittliche Anzahl MA = 1,8 MA

Montagezeit Kühlsystem = 301 min

Anzahl Takte = Montagezeit / (Taktzeit x MA) = 301 min / (134,09 min x 1,8 MA)
= 2 Takte

Für die Vormontage des Kühlsystems werden 2 Standardarbeitsplätze benötigt.

Hinterwagen VM

Durchschnittliche Anzahl MA = 1,8 MA

Montagezeit HW = 474 min

Anzahl Takte = Montagezeit / (Taktzeit x MA) = 474 min / (134,09 min x 1,8 MA)
= 2 Takte

Für die Hinterwagenvormontage werden 2 Standardarbeitsplätze benötigt.

Vorderwagen VM

Montagezeit VW = 150 min

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 150 min / 134,09 min = 2 Takte

Für die Vorderwagenvormontage werden 2 Standardarbeitsplätze benötigt.

Hubgerüst VM

Montagezeit HG = 139 min

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 139 min / 134,09 min = 2 Takte

Für die Hubgerüstvormontage werden 2 Standardarbeitsplätze benötigt.

Abgasnachbehandlung VM

Montagezeit Abgasnachbehandlung = 29 min

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 29 min / 134,09 min = 1 Takt

Für die Abgasnachbehandlungsvormontage wird 1 Standardarbeitsplatz benötigt.

Hydrauliktank VM

Montagezeit Hydrauliktank = 32 min

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 32 min / 134,09 min = 1 Takt

Für die Hydrauliktankvormontage wird 1 Standardarbeitsplatz benötigt.

Kraftstofftank VM

Montagezeit Kraftstofftank = 49 min

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 49 min / 134,09 min = 1 Takt

Für die Kraftstofftankvormontage wird 1 Standarbeitsplatz benötigt.

8.3.4 Großgeräte

Jahresstückzahl = 1500 Geräte

Montagezeit Linie = 1799 min

Länge Gerät + Durchgang (1,6m) = 10,2 m

Montagelinie

Taktzeit = (Arbeitstage x Arbeitszeit) / Stückzahl

Taktzeit = (198 AT x 600 min) / 1500 Geräte = 79,20 min/Takt

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 1799 min / 79,20 min/Takt = 15 Takte

Linienlänge = Anzahl Takte x Länge Gerät = 15 Takte x 10,2 m = 153 m

Kabinen VM

Durchschnittliche Anzahl MA = 1,8 MA

Montagezeit Kabine = 1231 min

Anzahl Takte = Montagezeit / (Taktzeit x MA) = 1231 min / (79,20 min x 1,8 MA)
= 9 Takte

Für die Kabinenvormontage werden 9 Standarbeitsplätze benötigt.

Kühler VM

Durchschnittliche Anzahl MA = 1,8 MA

Montagezeit Kühlsystem = 785 min

Anzahl Takte = Montagezeit / (Taktzeit x MA) = 785 min / (79,20 min x 1,8 MA)
= 6 Takte

Für die Vormontage des Kühlsystems werden 6 Standardarbeitsplätze benötigt.

Hinterwagen VM

Durchschnittliche Anzahl MA = 1,8 MA

Montagezeit HW = 1257 min

Anzahl Takte = Montagezeit / (Taktzeit x MA) = 1257 min / (79,20 min x 1,8 MA)
= 9 Takte

Für die Hinterwagenvormontage werden 9 Standardarbeitsplätze benötigt.

Vorderwagen VM

Montagezeit VW = 170 min

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 170 min / 79,20 min = 2 Takte

Für die Vorderwagenvormontage werden 2 Standardarbeitsplätze benötigt.

Hubgerüst VM

Durchschnittliche Anzahl MA = 1,4 MA

Montagezeit HG = 180 min

Anzahl Takte = Montagezeit / (Taktzeit x MA) = 180 min / (79,20 min x 1,4 MA)
= 2 Takte

Für die Hubgerüstvormontage werden 2 Standardarbeitsplätze benötigt.

Abgasnachbehandlung VM

Montagezeit Abgasnachbehandlung = 32 min

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 32 min / 79,20 min = 1 Takt

Für die Abgasnachbehandlungsvormontage wird 1 Standardarbeitsplatz benötigt.

Hydrauliktank VM

Montagezeit Hydrauliktank = 35 min

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 35 min / 79,20 min = 1 Takt

Für die Hydrauliktankvormontage wird 1 Standardarbeitsplatz benötigt.

Kraftstofftank VM

Montagezeit Kraftstofftank = 53 min

Anzahl Takte = Montagezeit / Taktzeit = 53 min / 79,20 min = 1 Takt

Für die Kraftstofftankvormontage wird 1 Standardarbeitsplatz benötigt.

Eine Darstellung der prinzipiellen Anordnung und der Abmessungen aller Vormontagen ist in „Anlagen, Teil 4: Prinzipskizzen der VM“ ersichtlich. Der Flächenbedarf eines Standardarbeitsplatzes ist gleich dem Flächenbedarf des Gestelles auf dem die Bauteile gelagert werden. Dieser ist in „Anlagen, Teil 3: Abmessungen Radlader“ angeführt. Die Vormontagen der Abgasnachbehandlung, des Hydrauliktanks und des Kraftstofftanks erfolgen in einem Kompetenzzentrum, da aufgrund der geringen Montagezeit die Arbeitsplätze ansonsten nicht ausgelastet wären und aufgrund der ähnlichen Bauweise kein großer Unterschied in der Vormontage besteht. Zusätzlich zur Vormontage werden die Baugruppen auf diesem Platz auch zwischengelagert und bei Bedarf an die Montagelinie geliefert.

8.4 Darstellung des neuen Block Layouts

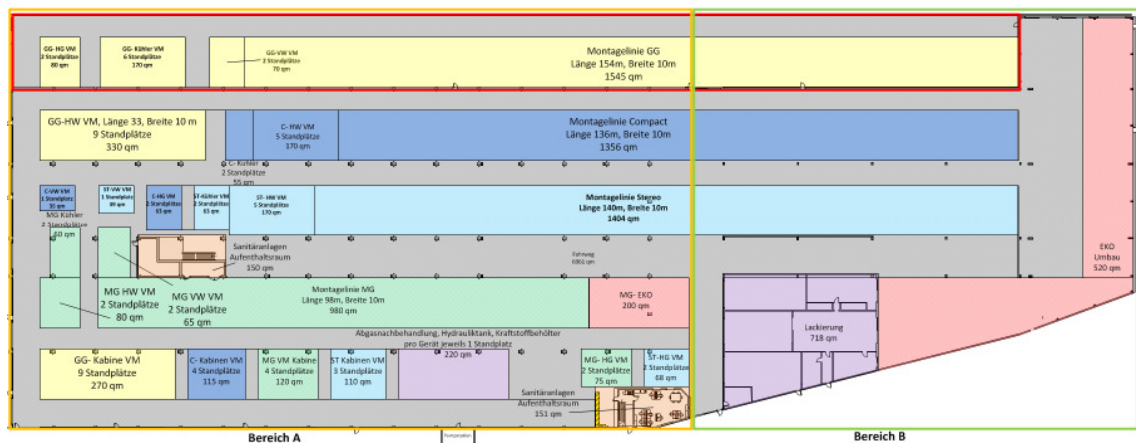


Abbildung 16: Neues Blocklayout⁸³

Im zukünftigen Layout erfolgt die Montage auf vier kurzen Montagebändern, wobei die Montage der Geräte ohne ausschleusen durchgehend, von Vorder- und Hinterwagen verbolzen bis zur Komplettierung, erfolgt. Die Endkontrolle der Geräte findet, mit Ausnahme bei den Mittelgeräten, in einem separaten Bereich statt (rote Fläche am rechten Rand von Abbildung 16). Dies hat den Vorteil, dass der Montageablauf nicht behindert wird, falls in der Endkontrolle Probleme an der Maschine entdeckt und behoben werden müssen. Anfallende Reparaturen bzw. Umbauten erfolgen ebenfalls in diesem Bereich. Treten bei der Endkontrolle der Mittelgeräte Probleme auf, werden die Mittelgeräte ebenfalls in diesen Bereich gestellt, um den Montagefluss nicht zu behindern.

Die gelbe Fläche wird für die Großgeräte benötigt, die dunkelblaue für die Stereogeräte, die hellblaue für die Compactgeräte und die grüne für die Mittelgeräte. Um eine einfachere Zuordnung der Flächenbedarfe zu den Geräteplattformen zu erreichen, wurden die Vormontagen ebenfalls in den jeweiligen Farben gestaltet.

⁸³ Blocklayout vergrößert in „Anlagen, Teil 5: Neues Blocklayout“ ersichtlich

Alle Vormontagen sollen wieder am Standort in Bischofshofen erfolgen. Um den Transportaufwand von großen Bauteilen möglichst gering zu halten, werden die Vormontagen für diese Bauteile möglichst nahe an der Montagelinie platziert. Die Vorderwagen- und Hinterwagenvormontage erfolgt dabei vorgelagert zur Endmontagelinie, da diese Baugruppen das höchste Gewicht aufweisen. Vor-Vormontageplätze sind in den Vormontagen integriert. Die Vor-Vormontagen werden von einem separaten Werker parallel zur Vormontage durchgeführt, um die Durchlaufzeit zu verringern.

Bei der Layoutgestaltung wurde besonders darauf geachtet, dass zwischen den einzelnen Vormontageplätzen und den Einbauorten der Vormontagebaugruppen keine großen Transportwege entstehen.

Alle Vormontagen erfolgen in speziell auf den jeweiligen Gerätetypen eingerichteten Arbeitsplätzen. Nur die Vormontage der Abgasnachbehandlung, des Hydrauliktanks und des Kraftstoffbehälters erfolgen aufgrund der geringen Montagezeit und der ähnlichen Bauweise in einem Kompetenzzentrum (violetter Bereich in Abbildung 16). Damit soll die Auslastung der jeweiligen Arbeitsplätze und Werker erhöht werden. Um eine kontinuierliche Montage zu erreichen, werden diese Baugruppen auf Lager produziert und bei Bedarf an die Montagelinie geliefert. Die Pufferung dieser Baugruppen soll so lange wie möglich direkt in der Vormontage erfolgen und erst wenn die Pufferplätze ausgelastet sind, sollen Baugruppen im Hauptlager eingelagert werden.

9 Schlussbetrachtung

Kapitel 9 bildet den Abschluss der vorliegenden Diplomarbeit. Hier werden die Ergebnisse noch einmal kurz dargestellt und die daraus resultierenden Maßnahmen und Konsequenzen erläutert.

9.1 Ergebnisse

In Unternehmen, welche auf die Montage von Bauteilen spezialisiert sind, ist einer der größten Kostenfaktoren die Montagezeit. Diese gilt es durch effiziente Abläufe und Prozesse so kurz wie möglich zu halten. Durch die Berechnungen in Kapitel 8.2 „Einsparungen durch den neuen Ablauf“ wurde ersichtlich, dass durch eine Umgestaltung des Montageablaufes nicht nur die Montagezeit reduziert werden kann, sondern auch die Produktionskosten verringert werden können. Beim aktuell geplanten Produktionsprogramm kann durch den neuen Montageablauf und durch neue Montageprozesse eine jährliche Kostenersparnis von 1.772.539,65€ realisiert werden. Zusätzlich können die ausgelagerten Vormontagen wieder am Werksgelände erfolgen, wodurch die monatliche Miete für die Vormontagehalle sowie die mehrmals täglich stattfindenden Transporte zwischen Endmontagewerk und Vormontagewerk eingespart werden können.

Durch die Verlagerung von optionslastigen Baugruppen in spezialisierte Vormontagen konnte die Montagezeit verringert werden. Zusätzlich wurde die Gerätedurchlaufzeit durch parallel stattfindende Vormontagen reduziert. Dadurch kann die Frozen Zone für Änderungen von Kundenwünschen reduziert werden, wodurch die Kundenzufriedenheit gesteigert werden kann. Ebenfalls reduzieren sich durch die kürzere Durchlaufzeit die Kapitalbindungskosten, da das Gerät schneller montiert und an den Kunden geliefert werden kann. Indem optionslastige Baugruppen vorab montiert werden, konnte die Wartezeit auf der Linie reduziert werden. Die Wartezeit im Anschluss an die Montagelinie konnte durch die Verlagerung der Montage der Zentralschmieranlage von einer Standmontage zum Arbeitsplatz „Hydraulischverschlauchen“ erheblich reduziert werden. Zusätzlich wurde durch die Verlagerung dieses Arbeitsschrittes die Montagezeit für die Zent-

ralschmierung reduziert, da die Schmierleitung zusammen mit den Hydraulikleitungen verlegt werden können und nicht mehr nachträglich am fertigen Gerät verlegt werden müssen.

Mithilfe einer neuen Einstellsoftware, einem abgeänderten Einstellprozess und der Verlagerung der Probefahrt in die Endkontrolle kann das Einstellen der Geräte in der Linie erfolgen. Dadurch kann die benötigte Zeit für das Einstellen erheblich verringert werden, bei gleichzeitiger Verbesserung der Einstellergebnisse. Zusätzlich entfällt auch das Ausschleusen, Waschen und Puffern der Geräte nach der Montagelinie und vor der Komplettierung.

Durch die Neugestaltung des Montageprozesses, und der damit verbundenen Verkürzung der Montagelinien, konnte der Platzbedarf der Montage trotz steigender Stückzahl gering gehalten werden. Um die zukünftige Jahresstückzahl von 6050 Geräten realisieren zu können, ist lediglich der Anbau eines neuen Montageschiffes mit den Abmaßen 15 x 200m erforderlich (In Abbildung 16 rot umrandet).

9.2 Maßnahmen

Um die neuen Vormontagegruppen überhaupt montieren zu können, ist es erforderlich, die Produktionsstücklisten, die Arbeitspläne sowie die Arbeitsanweisungen an den neuen Montageablauf anzupassen. Zusätzlich müssen die Arbeitsplätze in den Vormontagen gestaltet und eingerichtet werden. Damit die Vormontagen der unterschiedlichen Ausführungen zeitgerecht zum Bedarfstermin am Montageband fertig sind, muss das Montageinformationssystem adaptiert werden. Dazu sollen die Starttermine für die Baugruppen mithilfe der Rückwärtsterminierung und der tatsächlichen Montagezeit aufgrund der Ausführung des Geräts ermittelt werden. Den Endtermin stellt dabei der Bedarfszeitpunkt der Baugruppe am Montageband dar. Somit können die Vormontagebaugruppen je nach optionsbedingter Montagezeit und dem Bedarfstermin auf der Montagelinie in der Vormontage gestartet werden.

Damit die Einstellsoftware bestmöglich funktioniert, werden die Einsteller in den Entwicklungsprozess miteingebunden. Somit wird einerseits die Erfahrung der

Mitarbeiter genutzt und durch das Mitwirken bei der Entwicklung des Programmes wird eine größere Akzeptanz bei der Einführung erwartet. Nach erfolgreichem Probetrieb der Software werden die betroffenen Mitarbeiter geschult und der neue Einstellprozess schnellstmöglich umgesetzt. Der neue Einstellprozess soll bereits im bestehenden Montageablauf umgesetzt werden.

Damit das neue Layout realisiert werden kann, ist ein Anbau an die bestehende Montagehalle nötig. Dieser soll so ausgeführt werden, dass es möglich ist, einen zweiten Stock bei Bedarf aufzubauen. Dadurch stehen Reserveflächen für eine weitere Stückzahlerhöhung zur Verfügung, da durch eine Verlagerung von Vormontageplätzen die Montagelinien verlängert werden können. Dadurch kann die Anzahl der Montagetake erhöht und die Taktzeit reduziert werden, wodurch die Gerätestückzahl gesteigert werden kann.

Um die Produktion während der Umgestaltung des Layouts möglichst problemlos weiterlaufen lassen zu können, werden die neuen Montagelinien nacheinander neu gestaltet. Zuerst soll das neue Montagekonzept auf der Mittelgerätelinie in Probetrieb gehen, da diese am selben Ort verbleibt und nur verlängert wird. Mithilfe dieses Probetriebs sollen erste Erfahrungen gesammelt und Probleme im neuen Ablauf erkannt und beseitigt werden. Wenn der Betrieb der Mittelgerätelinie einwandfrei funktioniert, sollen mithilfe der hier gewonnenen Erkenntnisse die restlichen Montagebänder umgestellt werden. Dazu muss das neue Hallenschiff gebaut werden, um anschließend die Montagelinie für die Großgeräte umzusiedeln. Danach werden die Montagelinien für die Compactgeräte und die Stereolader installiert. Abschließend werden die Vormontagen, welche ausgelagert erfolgen, zurück an den Standort verlegt.

9.3 Konsequenzen

Im Zuge dieser Arbeit wurde erkannt, welches Optimierungspotential im bestehenden Montageablauf vorhanden ist. Es konnten durch einfache Änderungen im Montageablauf bzw. durch geringfügige Materialumstellungen ein erheblicher Anteil an Montagezeit eingespart werden. Es wurde erkannt, dass der Montageablauf regelmäßig kritisch hinterfragt werden muss, um mögliche Verbesserungen im bestehendem, historisch gewachsenem, Montageablauf zu erkennen.

Zukünftig soll auch der kontinuierliche Verbesserungsprozess mehr in der Endmontage etabliert werden. Damit soll das Know-How der Mitarbeiter, welche effektiv im Montageprozess tätig sind, genutzt werden, um mögliche Verbesserungen hinsichtlich einer Reduktion der Montagezeit bzw. eine Vereinfachung im Montageablauf zu erkennen und umzusetzen.

Durch diese Arbeit wurde das Bewusstsein aller am Endmontageprozess beteiligten Abteilungen und Personen geschärft, dass es erforderlich ist Prozesse und Abläufe regelmäßig kritisch zu hinterfragen. Dadurch kann der Montageablauf an neue Anforderungen und technische Entwicklungen angepasst werden, wodurch die Montageabläufe effizienter und effektiver durchgeführt werden können und die Montagezeit reduziert werden kann.

Index

angebotsorientierte Produktion	36	kardinale Messskalen	33
Anwaltsverfahren	34	kaskadische Aspektebehandlung	29
Arbeitsstationslayout	44	Klasseneinstufung	27
Aufbauverfahren	46	kompensatorische Methoden	29
Auftragstyp	36		
Ausführungsart	14	Leistungsart	14
		lexikographische Ordnung	29
direkte Intervallskalierung	32	Losteilung	42
Durchführungszeit	41		
Durchlaufterminierung	39	Makroprozesse	14
Durchlaufzeit	41	Massenfertigung	35
		Mikroprozesse	14
Einzelfertigung	36	Mittelpunktsterminierung	40
Engpassterminierung	40		
		nachfrageorientierte Produktion	36
Feinlayout	44	nominale Messskalen	33
Fertigungsorganisation	37	Nutzwertanalyse	31
Führungsprozesse	15		
Funktionsprinzip	37	Objektprinzip	37
		ordinale Messskalen	33
gewichteter Paarvergleich	30		
Groblayout	44	Paarvergleich	28
		PDCA-Zyklus	22
Idealplanung	45	Pro-Contra-Methode	34
indirekte Intervallskalierung	32	Prozesserneuerung	21
intensitätsmäßige Anpassung	43	Prozesstyp	35
		Prozessverbesserung	21
Kaizen	22	Punktevergabe	28
Kapazitätsterminierung	43	quantitative Anpassung	43

Rangplatzverfahren	28
Realplanung	45
REFA-Systematik	17
Rückwärtsterminierung	40
Serienfertigung	36
Six Sigma	21
Sortenfertigung	36
Splitting	42
Taktzeit	42
Total Cycle Time (TCT)	21
Überlappung	41
Unterstützungsprozesse	15
Vertauschungsverfahren	46
Vorwärtsterminierung	40
Werkslayout	44
Wertschöpfungsprozesse	15
zeitliche Anpassung	43
Zwischenzeiten	41

Literaturverzeichnis

Arndt, Holger: Supply Chain Management: Optimierung logistischer Prozesse, 4., aktualisierte und überarbeitete Auflage, Wiesbaden 2008

Becker, Jörg; Kugeler, Martin; Rosemann, Michael: Prozessmanagement: Ein Leitfaden zur prozessorientierten Organisationsgestaltung, 7. Korrigierte und erweiterte Auflage, Berlin Heidelberg 2012

Becker, Torsten: Prozesse in Produktion und Supply Chain optimieren, 2., neu bearbeitete und erweiterte Auflage, Berlin Heidelberg 2008

Bensel, Philipp: Geschäftsmodelle von Logistikdienstleistern im Umfeld des Ubiquitous Computing, Berlin 2009

Buzacott, John A.; Rücker, Thomas; Schneider, Herfried M.: Operative Produktionsplanung und -steuerung: Konzepte und Modelle des Informations- und Materialflusses in komplexen Fertigungssystemen, München 2005

Furmans, Kai (Hrsg.); Arnold, Dieter; Isermann, Heinz; Kuhn, Axel; Tempelmeier, Horst: Handbuch Logistik, 3., neu bearbeitete Auflage, Berlin Heidelberg 2008

Götze, Uwe: Investitionsrechnung: Modelle und Analysen zur Beurteilung von Investitionsvorhaben, 7. Auflage, Berlin Heidelberg 2014

Grünig, Rudolf; Richard, Kühn: Entscheidungsverfahren für komplexe Probleme: Ein heuristischer Ansatz, 4., korrigierte und überarbeitete Auflage, Berlin Heidelberg 2013

Jung, Hans: Controlling, 4., aktualisierte Auflage, München 2014

Koch, Susanne: Einführung in das Management von Geschäftsprozessen: Six Sigma, Kaizen und TQM, 2. Auflage, Berlin Heidelberg 2015

Laux, Helmut; Gillenkirch, Robert; Schenk-Mathes, Heike: Entscheidungstheorie, 9., vollständig überarbeitete Auflage, Berlin Heidelberg 2014

Müller-Herbers, Sabine: Methoden zur Beurteilung von Varianten, 4. Auflage, Stuttgart 2007

Neumann, Alexander: Führungsorientiertes Qualitätsmanagement, 4. Auflage, Darmstadt 2010

Noé, Manfred: Change-Prozesse effizient durchführen: Mit Projektmanagement den Unternehmenswandel gestalten, Wiesbaden 2014

Ott, Steven: Investitionsrechnung in der öffentlichen Verwaltung: Die praktische Bewertung von Investitionsvorhaben, 1. Auflage, Wiesbaden 2011

Pawellek, Günther: Ganzheitliche Fabrikplanung: Grundlagen, Vorgehensweise, EDV-Unterstützung, Berlin Heidelberg 2008

REFA Bundesverband e.V.: Arbeits- und Prozessgestaltung: Prozesse im Unternehmen, Darmstadt 2003

Rosenkranz, Friedrich: Geschäftsprozesse: Modell- und computergestützte Planung, 2, verbesserte Auflage, Berlin Heidelberg 2006

Syska, Andreas: Produktionsmanagement: Das A – Z wichtiger Methoden und Konzepte für die Produktion von heute, 1. Auflage, Wiesbaden 2006

Zsifkovits, Helmut E.: Logistik, München 2013

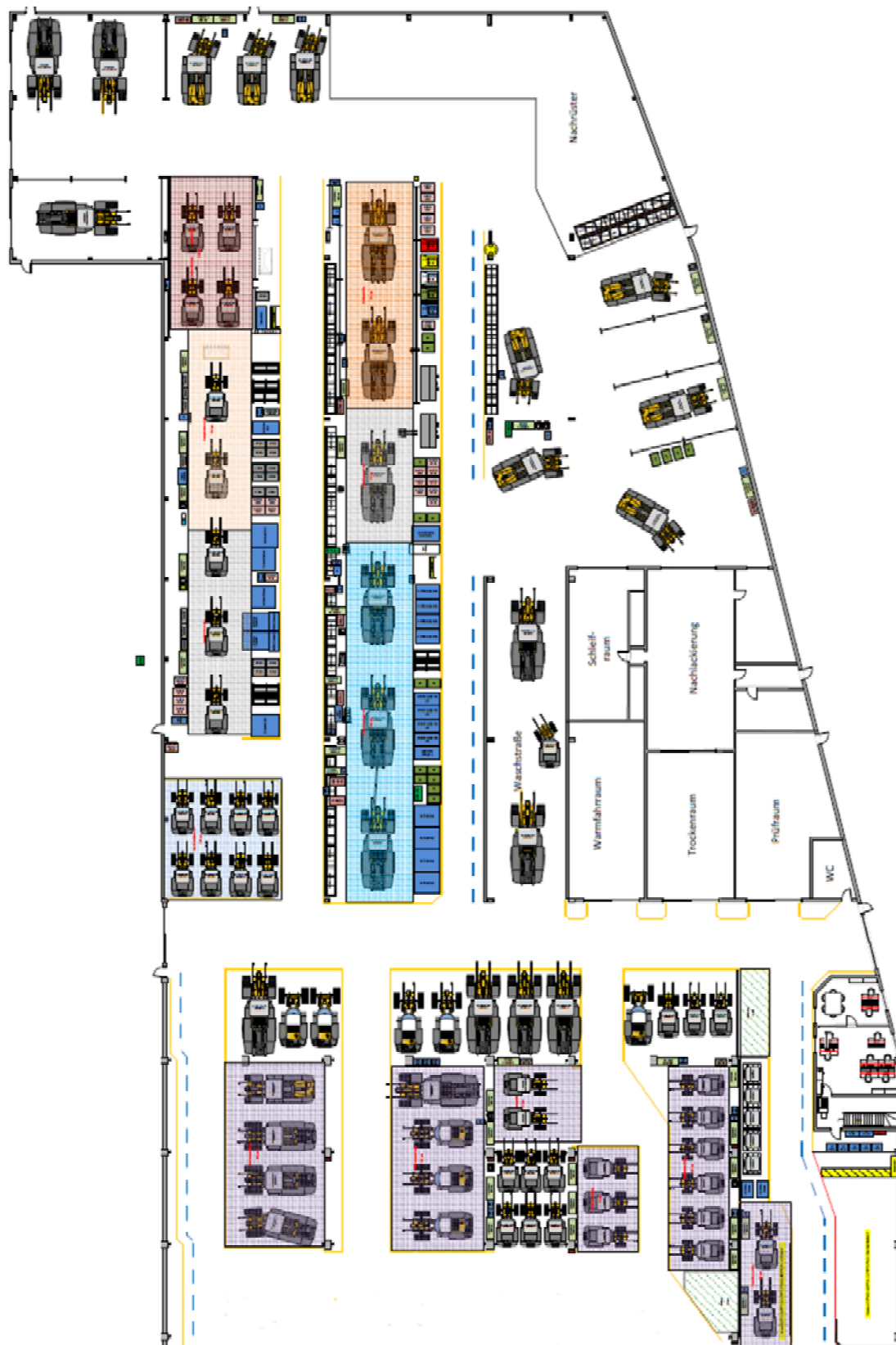
Sonstige Quellen

Lanner, Elfriede: Werksführung Liebherr Bischofshofen, Stand Jänner 2016

Anlagen

Anlage 1: aktuelles Layout Montagelinien	I
Anlage 2: aktuelles Layout Einsteller/Komplettierung	II
Anlage 3: IST-Durchlaufzeit Kleingeräte	III
Anlage 4: IST-Durchlaufzeit Mittelgeräte.....	IV
Anlage 5: Neue Durchlaufzeit der Compactgeräte	V
Anlage 6: Neue Durchlaufzeit der Stereogeräte.....	VI
Anlage 7: Neue Durchlaufzeit der Mittelgeräte.....	VII
Anlage 8: Abmessungen Radlader.....	IX
Anlage 9: GG- Hinterwagenvormontage	XI
Anlage 10: GG- Kabinenvormontage	XI
Anlage 11: GG- Kühlervormontage	XI
Anlage 12: GG- Vorderwagen- und Hubgerüstvormontage	XII
Anlage 13: MG- Hinterwagen- und Kühlervormontage.....	XII
Anlage 14: MG- Kabinenvormontage	XIII
Anlage 15: MG- Vorderwagen- und Hubgerüstvormontage	XIII
Anlage 16: C- Hinterwagen- und Kühlervormontage.....	XIV
Anlage 17: C- Kabinenvormontage	XIV
Anlage 18: C- Vorderwagen- und Hubgerüstvormontage	XIV

Anlage 19: ST- Hinterwagen- und Kühlervormontage	XV
Anlage 20: ST- Kabinenvormontage	XV
Anlage 21: ST- Vorderwagen- und Hubgerüstvormontage	XV
Anlage 22: Kompetenzzentrum Abgasnachbehandlung,	XVI
Anlage 23: Neues Blocklayout gesamt	XVII
Anlage 24: Neues Blocklayout Bereich A.....	XVIII
Anlage 25: Neues Blocklayout Bereich B.....	XIX



Anlage 2: aktuelles Layout Einsteller/Komplettierung

Anlagen, Teil 2: Durchlaufzeiten

Afo, Pos	Standardzeit TE/min	TE/h	Kapazität h/Tag/KST	WZ Tage	Bezeichnung Kostenstelle	DLZ pro AG	Kommentar
10	160	2,67	7,80	0,00	VM Kühlsystem		VM nicht in DLZ
20	286	4,77	7,80	0,00	VM Kabine		VM nicht in DLZ
30	195	3,25	23,40	0,00	MONT. DIESELMOTOR LINIE 1	0,14	
50	198	3,30	23,40	0,00	MONT.VORDER+HINTERWAGEN	0,14	
80	27	0,45	7,80	0,00	VW+HW AUFSETZEN	0,06	
90	133	2,22	15,60	0,00	MONT.SPURSTANGEN	0,14	
100	80	1,33	7,80	0,00	MONT.ELEKTRIK,MOTOR AUFSETZEN	0,17	
120	155	2,58	39,00	0,00	HYDRAULISCH VERSCHLAUCHEN	0,07	
130	155	2,58	7,80	0,00	HDYR.TANK,KUEHLER,BALLASTE	0,33	
140	120	2,00	15,60	0,00	MONT.BALLAST;LUFTFILTERANLAGE	0,13	
160	310	5,17	39,00	0,00	MONT.KABINE;AUFSTIEG,KFST.TANK	0,13	
180	114	1,90	23,40	0,00	MONT.STEUERBLOCK,HUBGERÜST	0,08	
190	120	2,00	15,60	0,00	INBETRIEBNAHME.MONT.RÄDER	0,13	
200	0	0,00	7,80	0,30	Steuerung WZ	0,30	Wartezeit
210	400	6,67	15,60	0,00	EINSTELLEN, PRUEFEN GG	0,43	
220	0	0,00	7,80	0,60	Steuerung WZ	0,60	Wartezeit
240	200	3,33	15,60	0,00	KOMPLETTIEREN GG 1	0,21	
250	190	3,17	15,60	0,00	KOMPLETTIEREN GG 2	0,20	
270	140	2,33	15,60	0,00	Nachlackierung	0,15	
290	0	0,00	7,80	3,00	Steuerung WZ	3,00	Wartezeit
310	40	0,67	7,80	0,00	ENDKONTROLLE	0,09	
	2537	42,28		3,90		6,41	DLZ Montagelinie
	446	7,43					Montagezeit VM
	2983	49,72					Montagezeit ges.

Anlage 3: IST-Durchlaufzeit Kleingeräte⁸⁴

⁸⁴ Eigene Darstellung mit Daten aus LBH-ERP-System BaaN

Afo, Pos	Standardzeit TE/min	TE/h	Kapazität h/Tag/KST	WZ Tage	Bezeichnung Kostenstelle	DLZ pro AG	Kommentar
10	311	5,18	7,80	0,00	VM Kühlsystem		VM nicht in DLZ
20	667	11,12	7,80	0,00	VM Kabine		VM nicht in DLZ
30	181	3,02	7,80	0,00	MONT. DIESELMOTOR LINIE 3	0,39	
50	502	8,37	23,40	0,00	MONT.VORDER+HINTERWAGEN	0,36	
100	203	3,38	7,80	0,00	MONT.ELEKTRIK,MOTOR AUFSETZEN	0,43	
120	268	4,47	15,60	0,00	HYDRAULISCH VERSCHLAUCHEN	0,29	
130	255	4,25	15,60	0,00	HDYR.TANK,KUEHLER,BALLASTE	0,27	
160	352	5,87	15,60	0,00	MONT.KABINE;AUFSTIEG,KFST.TANK	0,38	
190	218	3,63	15,60	0,00	MONT.HUBGERUEST,INBETRIEBNAHME	0,23	
200	0	0,00	7,80	1,80	Steuerung WZ	1,80	Wartezeit
210	620	10,33	15,60	0,00	EINSTELLEN, PRUEFEN GG	0,66	
220	0	0,00	7,80	1,80	Steuerung WZ	1,80	Wartezeit
240	205	3,42	7,80	0,00	KOMPLETTIEREN GG 1	0,44	
250	171	2,85	7,80	0,00	KOMPLETTIEREN GG 2	0,37	
260	9	0,15	7,80	0,00	KOMPLETTIEREN GG 3	0,02	
270	242	4,03	15,60	0,00	Nachlackierung	0,26	
290	0	0,00	7,80	3,30	Steuerung WZ	3,30	Wartezeit
310	60	1,00	7,80	0,00	ENDKONTROLLE	0,13	
	3226	53,77		6,90		10,99	DLZ Montagelinie
	978	51,75					Montagezeit VM
	4204	105,52					Montagezeit ges.

Anlage 4: IST-Durchlaufzeit Mittelgeräte⁸⁵⁸⁵ Eigene Darstellung mit Daten aus LBH-ERP-System BaaN

Afo, Pos	Standardzeit TE/min	TE/h	Kapazität h/Tag/KST	WZ Tage	Bezeichnung Kostenstelle	DLZ pro AG	Kommentar
10	162	2,70	7,80	0,00	VM Kühlsystem		VM nicht in DLZ
20	338	5,64	7,80	0,00	VM Kabine		VM nicht in DLZ
21	480	8,00	7,80	0,00	VM Hinterwagen		VM nicht in DLZ
22	54	0,90	7,80	0,00	VM Vorderwagen		VM nicht in DLZ
23	27	0,45	7,80	0,00	VM Abgasnachbehandlung		VM nicht in DLZ
24	27	0,45	7,80	0,00	VM Hydrauliktank		VM nicht in DLZ
25	41	0,68	7,80	0,00	VM Kraftstofftank		VM nicht in DLZ
26	76	1,26	7,80	0,00	VM Hubgerüst		VM nicht in DLZ
80	24	0,41	7,80	0,00	VW+HW VERBOLZEN	0,05	
90	120	2,00	15,60	0,00	MONT.SPURSTANGEN	0,13	
120	203	3,38	39,00	0,00	HYDRAULISCH VERSCHLAUCHEN + ZSA	0,09	
130	59	0,98	7,80	0,00	HDYR.TANK, BALLASTE	0,13	
140	108	1,80	15,60	0,00	MONT.BALLAST;LUFTFILTERANLAGE	0,12	
160	158	2,63	39,00	0,00	MONT.KABINE;AUFSTIEG,KFST.TANK	0,07	
180	27	0,45	23,40	0,00	HUBGERÜST	0,02	
190	108	1,80	15,60	0,00	INBETRIEBNAHME	0,12	
210	90	1,50	15,60	0,00	EINSTELLEN, PRUEFEN GG	0,10	
220	0	0,00	7,80	0,60	Steuerung WZ	0,30	Wartezeit
240	153	2,55	15,60	0,00	KOMPLETTIEREN GG 1	0,16	
250	171	2,85	15,60	0,00	KOMPLETTIEREN GG 2	0,18	
290	0	0,00	7,80	1,00	Steuerung WZ	1,00	Wartezeit
310	45	0,75	7,80	0,00	ENDKONTROLLE	0,10	nicht in DLZ (QS)
	1220	20,33		1,60		2,45	DLZ Montagelinie
	1204	8,34					Montagezeit VM
	2424	28,67					Montagezeit ges.

Anlage 5: Neue Durchlaufzeit der Compactgeräte⁸⁶⁸⁶ Eigene Darstellung mit Daten aus LBH-ERP-System BaaN

Afo, Pos	Standardzeit TE/min	TE/h	Kapazität h/Tag/KST	WZ Tage	Bezeichnung Kostenstelle	DLZ pro AG	Kommentar
10	180	3,00	7,80	0,00	VM Kühlsystem		VM nicht in DLZ
20	376	6,27	7,80	0,00	VM Kabine		VM nicht in DLZ
21	533	8,88	7,80	0,00	VM Hinterwagen		VM nicht in DLZ
22	60	1,00	7,80	0,00	VM Vorderwagen		VM nicht in DLZ
23	30	0,50	7,80	0,00	VM Abgasnachbehandlung		VM nicht in DLZ
24	30	0,50	7,80	0,00	VM Hydrauliktank		VM nicht in DLZ
25	45	0,75	7,80	0,00	VM Kraftstofftank		VM nicht in DLZ
26	84	1,40	7,80	0,00	VM Hubgerüst		VM nicht in DLZ
80	27	0,45	7,80	0,00	VW+HW VERBOLZEN	0,06	
90	133	2,22	15,60	0,00	MONT.SPURSTANGEN	0,14	
120	225	3,75	39,00	0,00	HYDRAULISCH VERSCHLAUCHEN + ZSA	0,10	
130	65	1,08	7,80	0,00	HDYR.TANK, BALLASTE	0,14	
140	120	2,00	15,60	0,00	MONT.BALLAST;LUFTFILTERANLAGE	0,13	
160	175	2,92	39,00	0,00	MONT.KABINE;AUFSTIEG,KFST.TANK	0,07	
180	30	0,50	23,40	0,00	HUBGERÜST	0,02	
190	120	2,00	15,60	0,00	INBETRIEBNAHME	0,13	
210	100	1,67	15,60	0,00	EINSTELLEN, PRUEFEN GG	0,11	
220	0	0,00	7,80	0,60	Steuerung WZ	0,30	Wartezeit
240	170	2,83	15,60	0,00	KOMPLETTIEREN GG 1	0,18	
250	190	3,17	15,60	0,00	KOMPLETTIEREN GG 2	0,20	
290	0	0,00	7,80	1,00	Steuerung WZ	1,00	Wartezeit
310	50	0,83	7,80	0,00	ENDKONTROLLE	0,11	nicht in DLZ (QS)
	1355	22,58		1,60		2,58	DLZ Montagelinie
	1338	9,27					Montagezeit VM
	2693	31,85					Montagezeit ges.

Anlage 6: Neue Durchlaufzeit der Stereogeräte⁸⁷⁸⁷ Eigene Darstellung mit Daten aus LBH-ERP-System Baan

Afo, Pos	Standardzeit TE/min	TE/h	Kapazität h/Tag/KST	WZ Tage	Bezeichnung Kostenstelle	DLZ pro AG	Kommentar
10	301	5,02	7,80	0,00	VM Kühlsystem		VM nicht in DLZ
20	787	13,12	7,80	0,00	VM Kabine		VM nicht in DLZ
21	474	7,90	7,80	0,00	VM Hinterwagen		VM nicht in DLZ
22	150	2,50	7,80	0,00	VM Vorderwagen		VM nicht in DLZ
23	29	0,48	7,80	0,00	VM Abgasnachbehandlung		VM nicht in DLZ
24	32	0,53	7,80	0,00	VM Hydrauliktank		VM nicht in DLZ
25	49	0,82	7,80	0,00	VM Kraftstofftank		VM nicht in DLZ
26	139	2,32	7,80	0,00	VM Hubgerüst		VM nicht in DLZ
50	352	5,87	23,40	0,00	VERBOLZEN VW + HW	0,25	
120	368	6,13	15,60	0,00	HYDRAULISCH VERSCHLAUCHEN + ZSA	0,39	
130	165	2,75	15,60	0,00	HDYR.TANK,BALLASTE	0,18	
160	174	2,90	15,60	0,00	MONT.KABINE;AUFSTIEG,KFST.TANK	0,19	
190	88	1,47	15,60	0,00	MONT.HUBGERUEST,INBETRIEBNAHME	0,09	
200	0	0,00	7,80	0,80	Steuerung WZ	0,80	Wartezeit
210	214	3,57	15,60	0,00	EINSTELLEN, PRUEFEN GG	0,23	
220	0	0,00	7,80	0,80	Steuerung WZ	0,80	Wartezeit
240	185	3,08	7,80	0,00	KOMPLETTIEREN GG 1	0,40	
250	76	1,27	7,80	0,00	KOMPLETTIEREN GG 2	0,16	
290	0	0,00	7,80	1,30	Steuerung WZ	2,30	Wartezeit
310	70	1,17	7,80	0,00	ENDKONTROLLE	0,15	nicht in DLZ (QS)
	1622	27,03		2,90		5,79	DLZ Montagelinie
	1961	28,20					Montagezeit VM
	3583	55,23					Montagezeit ges.

Anlage 7: Neue Durchlaufzeit der Mittelgeräte⁸⁸

⁸⁸ Eigene Darstellung mit Daten aus LBH-ERP-System BaaN

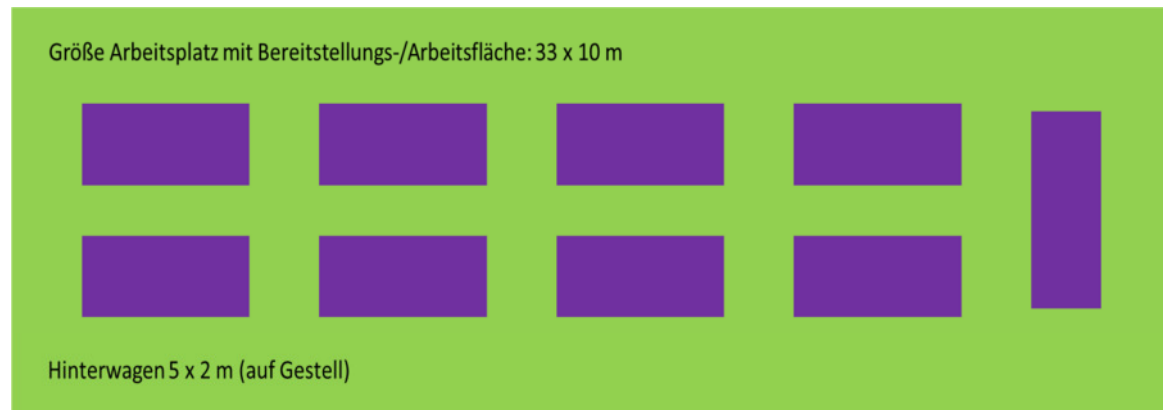
Anlagen, Teil 3: Abmessungen Radlader

Typ	Länge [m]	Breite [m]	Fläche [m²]
Compact HW	3	2	6
Compact VW	2	1	2
Compact HG	3	1	3
Kühler	2	1,5	3
Kabine	2,5	2,5	6,25
Abgasnachbehandlung	1,5	0,5	0,75
Hydrauliktank	1	1,5	1,5
Kraftstofftank	1	0,5	0,5
Compact+HG+Achse	5	1,6	8
Stereo HW	4	1,5	6
Stereo VW	2	1,5	3
Stereo HG	3	1	3
Kühler	2	1,5	3
Kabine	2,5	2,5	6,25
Abgasnachbehandlung	1,5	0,5	0,75
Hydrauliktank	1,5	1	1,5
Kraftstofftank	1	1	1
Stereo + HG + Achse	5,8	2,1	12,18
MG HW	4	1,5	6
MG VW	2,5	1,5	3,75
MG HG	3,5	1,5	5,25
Kühler	2	2	4
Kabine	2,5	3	7,5
Abgasnachbehandlung	1,5	0,5	0,75
Hydrauliktank	1,5	1	1,5
Kraftstofftank	1	1	1
MG + HG + Achse	6,5	2,3	14,95
GG HW	5	2	10
GG VW	3	2	6
GG HG	4	2	8
Kühler	3	2	6
Kabine	2,5	3	7,5
Abgasnachbehandlung	1,5	0,5	0,75
Hydrauliktank	1,5	1	1,5
Kraftstofftank	1	1	1
GG + HG + Achse	8,6	2,5	21,5

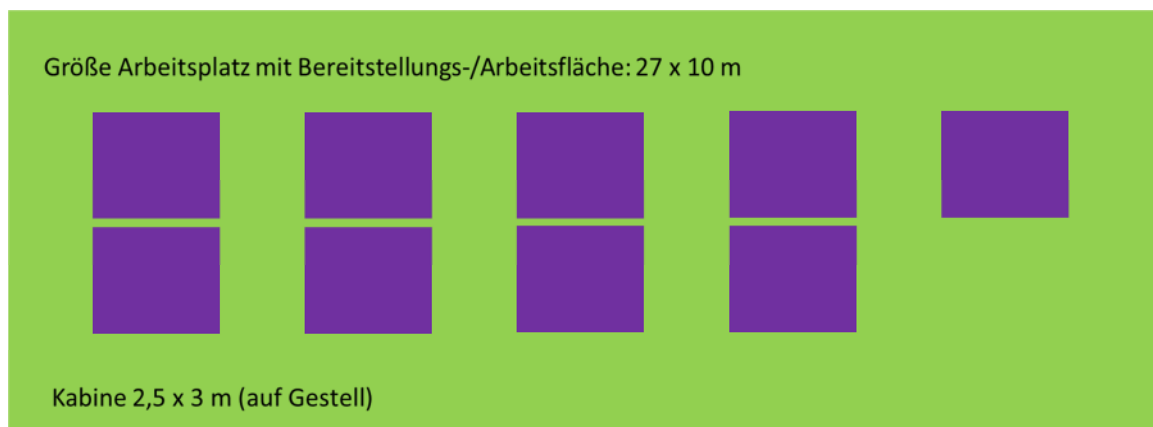
Anlage 8: Abmessungen Radlader

Alle Abmessungen beziehen sich auf das Gestell, worauf die Bauteile gelagert und transportiert werden.

Anlagen, Teil 4: Prinzipskizzen der VM



Anlage 9: GG- Hinterwagenvormontage



Anlage 10: GG- Kabinenvormontage



Anlage 11: GG- Kühlervormontage

GG- VW VM

Größe Arbeitsplatz mit
Bereitstellungs-
/Arbeitsfläche: 7 x 10 m



VW 3 x 2 m (auf Gestell)

GG- HG VM

Größe Arbeitsplatz mit
Bereitstellungs-
/Arbeitsfläche: 8 x 10 m

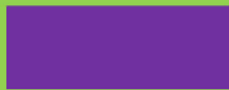


HG 4 x 2 m (auf Gestell)

Anlage 12: GG- Vorderwagen- und Hubgerüstvormontage

MG- HW VM

Größe Arbeitsplatz mit
Bereitstellungs-
/Arbeitsfläche: 8 x 10 m



HW 4 x 1,5 m (auf Gestell)

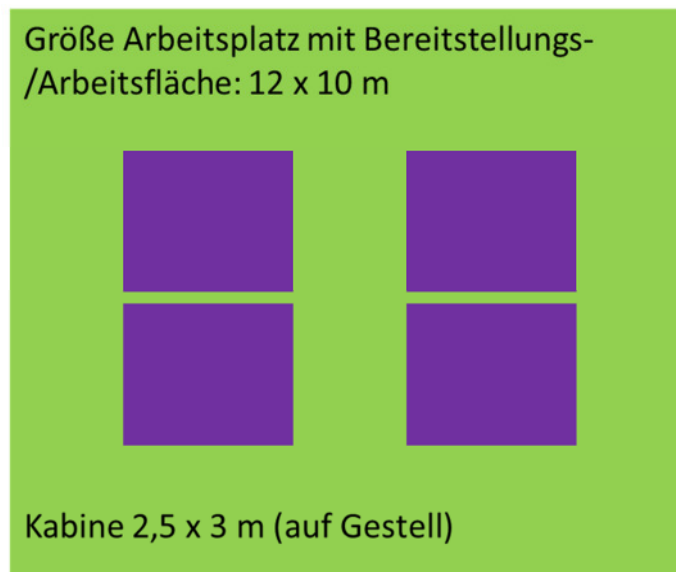
MG- Kühler VM

Größe Arbeitsplatz mit
Bereitstellungs-
/Arbeitsfläche: 6 x 10 m

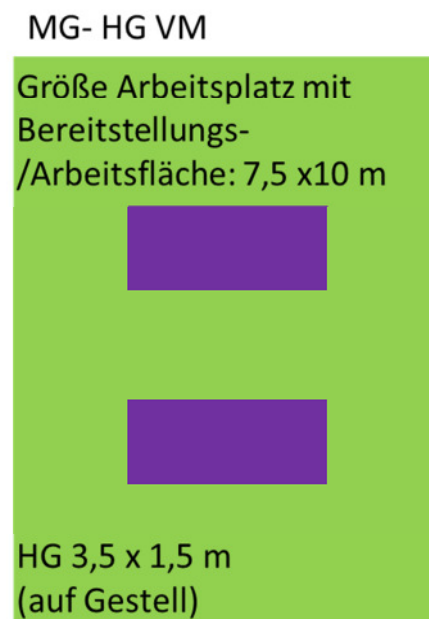
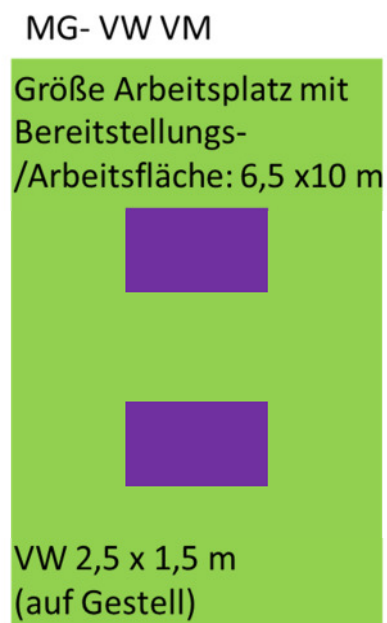


Kühler 2 x 2 m
(auf Gestell)

Anlage 13: MG- Hinterwagen- und Kühlervormontage



Anlage 14: MG- Kabinenvormontage



Anlage 15: MG- Vorderwagen- und Hubgerüstvormontage

C- HW VM

Größe Arbeitsplatz mit Bereitstellungs-
/Arbeitsfläche: 17 x 10 m



HW 3 x 2 m (auf Gestell)

C- Kühler VM

Größe Arbeitsplatz mit Bereitstellungs-
/Arbeitsfläche: 5,5 x 10 m



Kühler 2 x 1,5 m
(auf Gestell)

Anlage 16: C- Hinterwagen- und Kühlervormontage

Größe Arbeitsplatz mit Bereitstellungs-
/Arbeitsfläche: 11,5 x 10 m



Kabine 2,5 x 2,5 m (auf Gestell)

Anlage 17: C- Kabinenvormontage

C- VW VM

Größe Arbeitsplatz mit Bereitstellungs-
/Arbeitsfläche: 5 x 7m



VW 2 x 1 m (auf
Gestell)

C- HG VM

Größe Arbeitsplatz mit Bereitstellungs-
/Arbeitsfläche: 7 x 9 m



HG 3 x 1 m
(auf Gestell)

Anlage 18: C- Vorderwagen- und Hubgerüstvormontage

ST- HW VM

Größe Arbeitsplatz mit
Bereitstellungs-
/Arbeitsfläche: 17 x 10 m



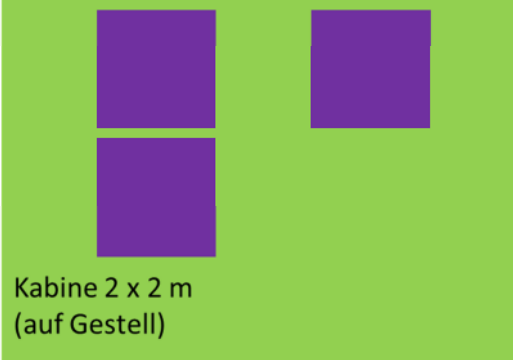
ST- Kühler VM

Größe Arbeitsplatz mit
Bereitstellungs-
/Arbeitsfläche: 7 x 9 m



Anlage 19: ST- Hinterwagen- und Kühlervormontage

Größe Arbeitsplatz mit Bereitstellungs-
/Arbeitsfläche: 10 x 11 m



Anlage 20: ST- Kabinenvormontage

ST- VW VM

Größe Arbeitsplatz mit
Bereitstellungs-
/Arbeitsfläche: 5,5 x 7 m

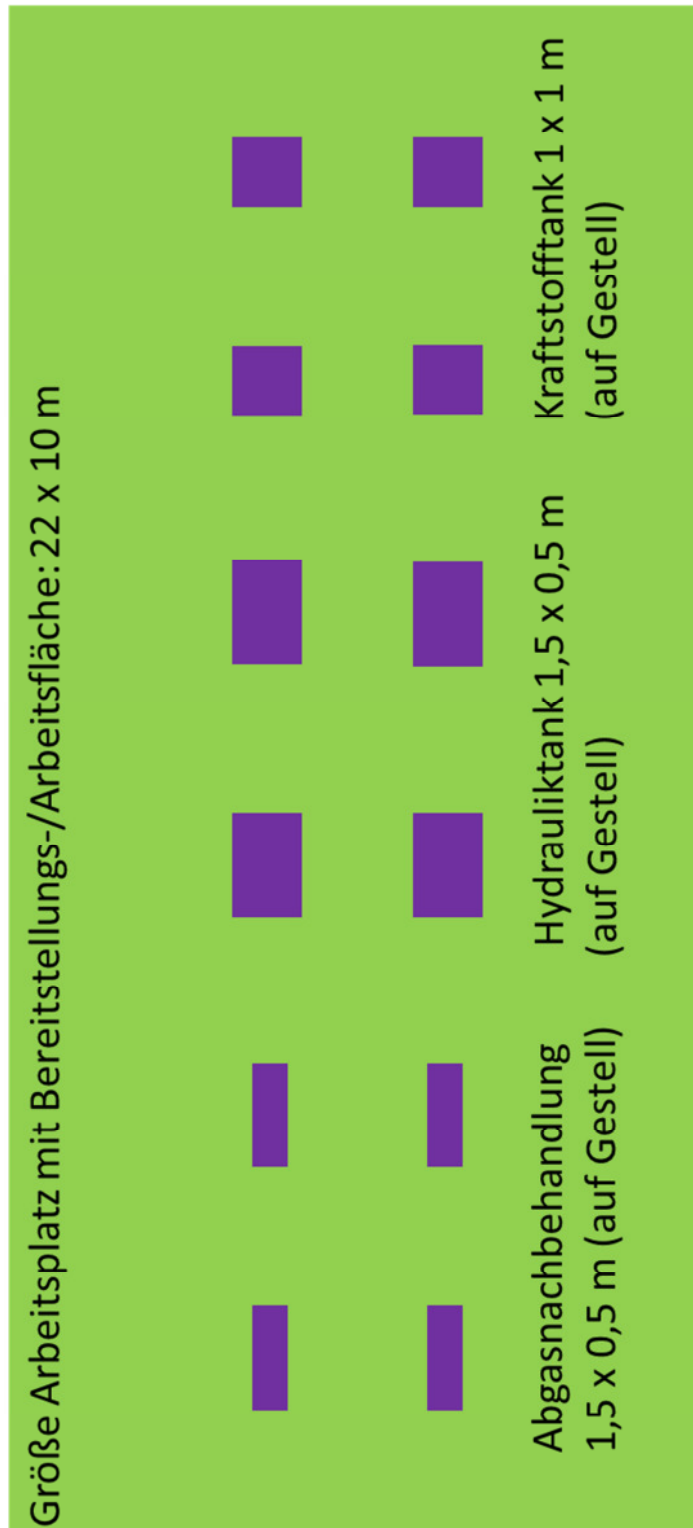


ST- HG VM

Größe Arbeitsplatz mit
Bereitstellungs-
/Arbeitsfläche: 7,5 x 10 m

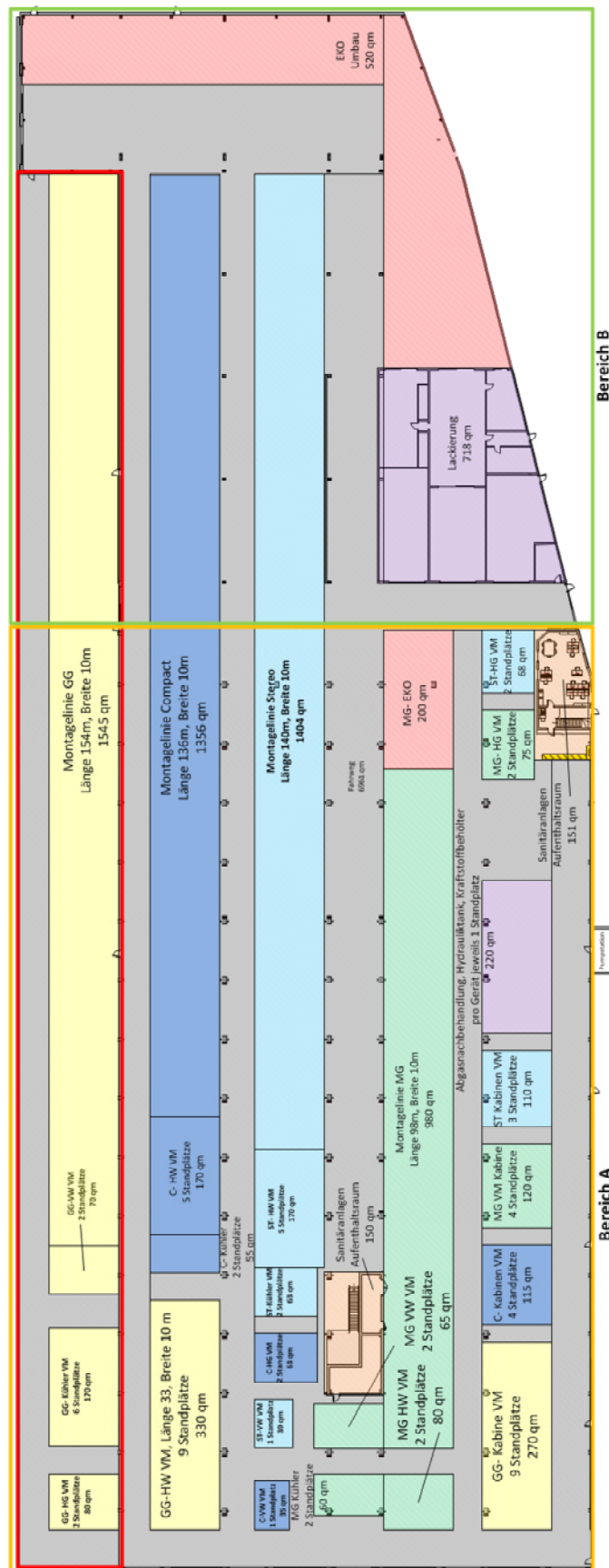


Anlage 21: ST- Vorderwagen- und Hubgerüstvormontage

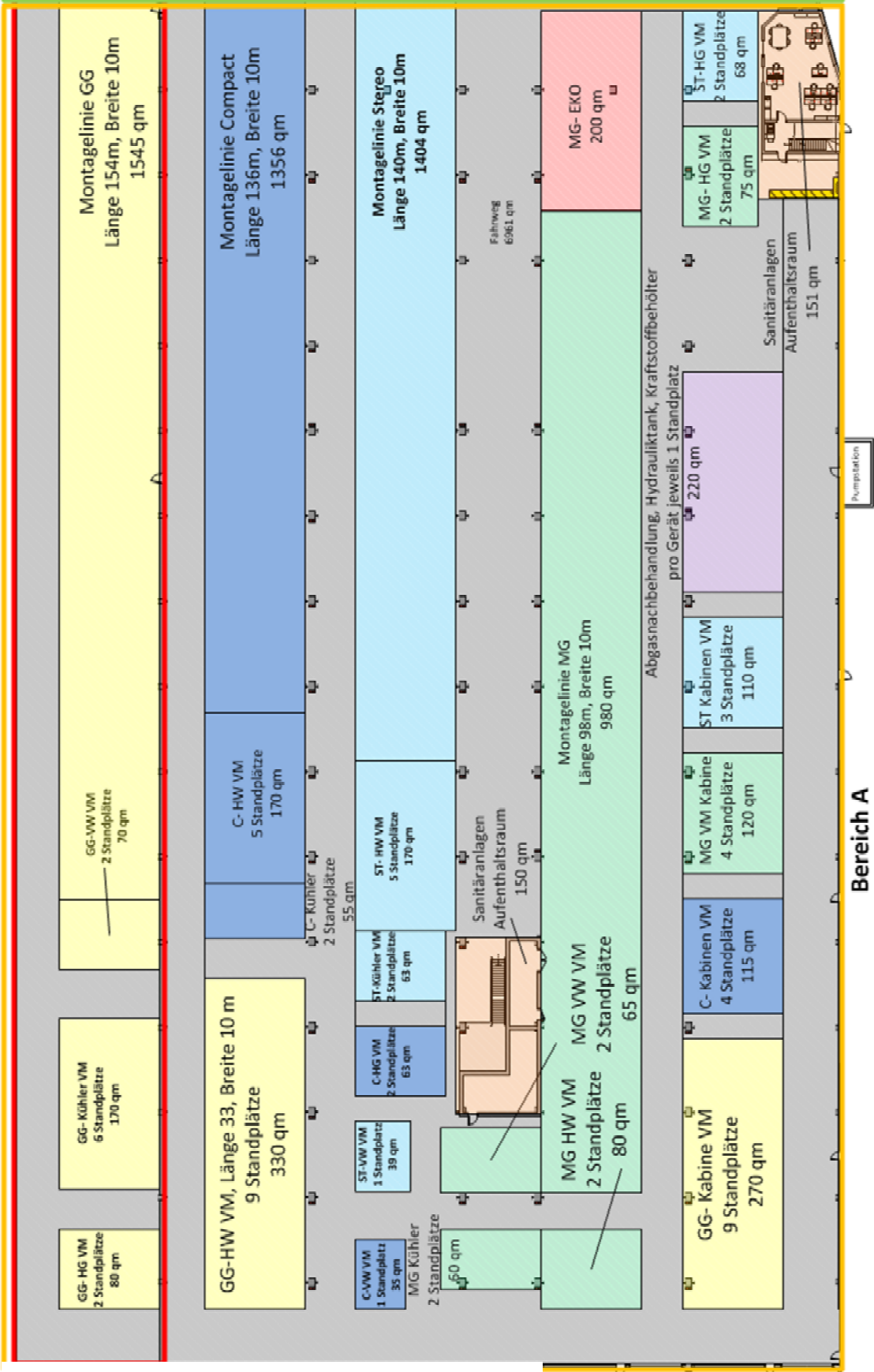


Anlage 22: Kompetenzzentrum Abgasnachbehandlung,
Kraftstoff- und Hydrauliktank

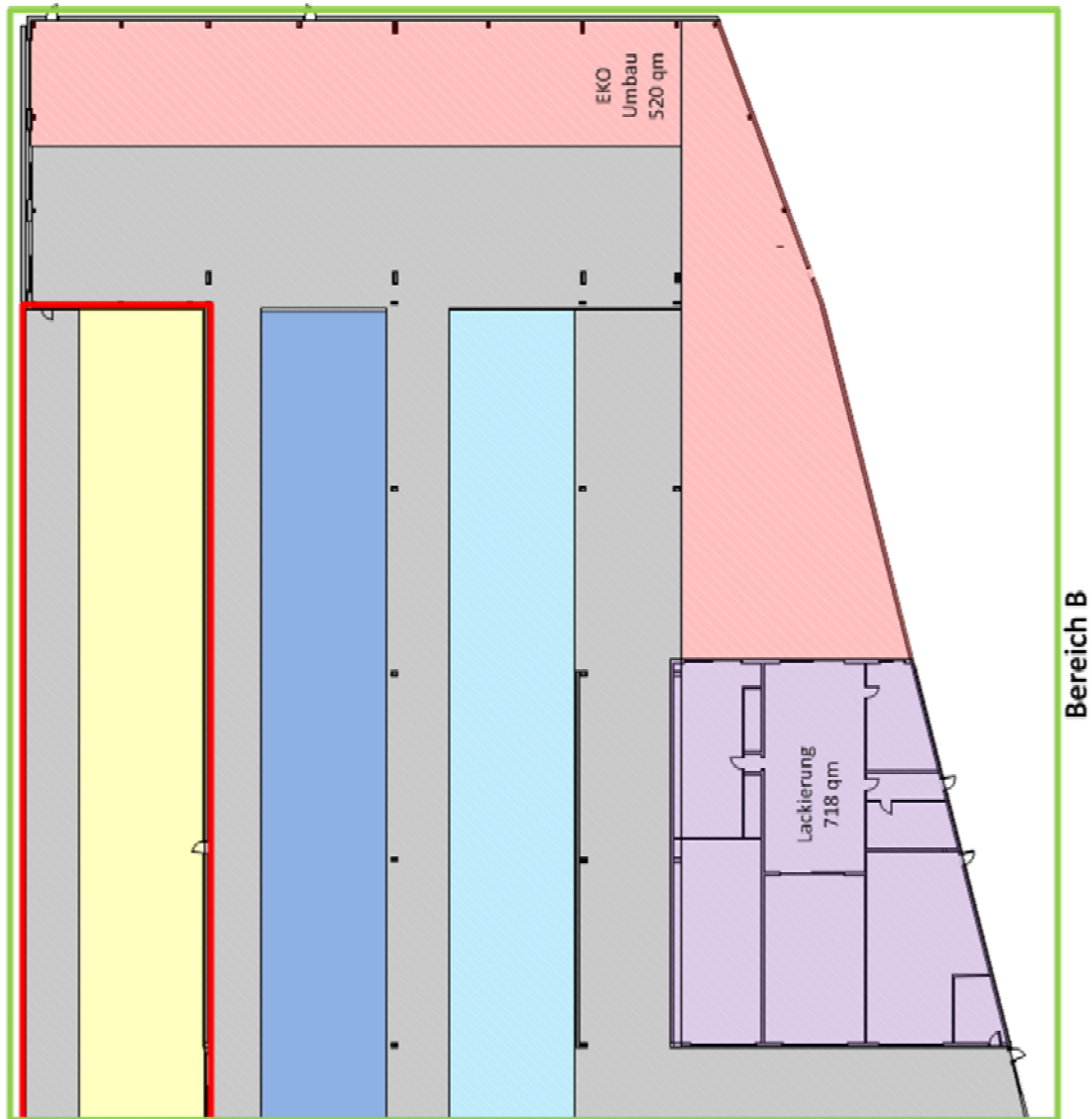
Anlagen, Teil 5: Neues Blocklayout



Anlage 23: Neues Blocklayout gesamt



Anlage 24: Neues Blocklayout Bereich A



Anlage 25: Neues Blocklayout Bereich B

Selbstständigkeitserklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und nur unter Verwendung der angegebenen Literatur und Hilfsmittel angefertigt habe.

Stellen, die wörtlich oder sinngemäß aus Quellen entnommen wurden, sind als solche kenntlich gemacht.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form noch keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt.

Abtenau, den 20.Juli.2016

Höll Hubert